



**ВятГУ**

Материалы XIII Всероссийской научно-практической  
конференции с международным участием



ИБ Коми НЦ  
УрО РАН

# **ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ: проблемы и пути их решения**

## **КНИГА 2**

Киров, 2018

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

XIII Всероссийской научно-практической конференции

с международным участием

23–24 апреля 2018 г.

Книга 2

Киров 2018

УДК 504.06(470.342)(082)

ББК 20.1+74.200.57

Э 400

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

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

Редакционная коллегия:

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

Э 400 Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. (г. Киров, 23–24 апреля 2018 г.) Киров: ВятГУ, 2018. 256 с.

ISBN 978-5-98228-162-3

В сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Экология родного края: проблемы и пути их решения» вошли результаты исследований экологического состояния территории Кировской области и других регионов. Особое внимание уделено освещению результатов мониторинга 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 экологии почв, а также освещены отдельные аспекты социальной экологии и экологического образования.

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

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

Конференция проводится в рамках Программы развития ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет». Благодарим руководство Филиала «КЧХК» АО «ОХК «УРАЛХИМ» в г. Кирово-Чепецке за партнерство и сотрудничество

УДК 504.06(470.342)(082)

ББК 20.1+74.200.57

ISBN 978-5-98228-162-3

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»  
(ВятГУ), 2018

# СОДЕРЖАНИЕ

## СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

<b>Кувичкина Т. Н., Капаруллина Е. Н., Доронина Н. В., Решетиллов А. Н.</b> Окисление метиламина и низших алифатических спиртов клетками нового факультативного метилотрофа <i>Paracoccus simplex</i> ВКМ В-3226 .....	8
<b>Гаевский Е. Е., Варатынская А. М.</b> Эколого-трофические группы микроорганизмов дерново-подзолистой песчаной почвы разной степени окультуривания .....	12
<b>Симакова В. С., Коновалов А. Л., Домрачева Л. И.</b> Бактерии рода <i>Azotobacter</i> как показатель состояния луговой почвы .....	16
<b>Малыгина О. Н., Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Товстик Е. В.</b> Влияние предпосевной обработки семян лядвенца рогатого ( <i>Lotus corniculatus</i> ) на численность эпифитной микрофлоры семян урожая первого года .....	19
<b>Шабалина А. В., Ковина А. Л., Домрачева Л. И., Зыкова Ю. Н.</b> Особенности состава микрофлоры под посадками <i>Lavatera trimestris</i> L. ....	23
<b>Домрачева Л. И., Ковина А. Л., Симакова В. С., Берг А. А.</b> Гербарные образцы бурых водорослей и биопленок <i>Nostoc commune</i> как носители микрофлоры .....	27
<b>Гаевский Е. Е., Казей Т. В.</b> Изменение биологической активности дерново-подзолистой песчаной почвы путем торфования и землевания .....	30
<b>Калинин А. А., Ковина А. Л., Трефилова Л. В.</b> Эффективность действия препарата «Ризоверм» на продуктивность люпина белого .....	32
<b>Безденежных К. А., Кондакова Л. В.</b> Количественные показатели альгофлоры луговых и лесных фитоценозов в районе объекта «Марадыковский» .....	37
<b>Кондакова Л. В., Дабах Е. В., Кантор Г. Я.</b> Динамика видового разнообразия альгофлоры пойменного водоема .....	41
<b>Чупрова Ю. В., Коваль Е. В., Огородникова С. Ю.</b> Эффекты цианобактерии <i>Nostoc paludosum</i> и гербицида глифосата на жизнедеятельность растений ячменя (модельные опыты) .....	43
<b>Широких А. А., Домрачева Л. И., Широких И. Г., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Зыкова Ю. Н., Широкова К. А.</b> Опыт совместного культивирования гриба <i>Hericium erinaceus</i> и цианобактерий .....	48
<b>Широких А. А., Назарова Я. И.</b> Молекулярная идентификация бактерий в спорокарпах миксомицетов .....	51
<b>Вырасткова К. А., Широких И. Г.</b> Сравнительная оценка утилизации соломы грибами <i>Acremonium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp. и <i>Trichoderma</i> sp. ....	55
<b>Свистова И. Д., Стахурлова Л. Д.</b> Комплекс микробиоты чернозема как показатель вида агрогенной нагрузки .....	59

<b>Кошкина Е. А., Лазыкин А. Г., Широких И. Г.</b> Влияние свиного жира на биосинтетическую активность штамма <i>Streptomyces cretensis</i> 9871 – продуцента тобрамицина .....	63
<b>Кочкина В. А., Назарова Я. И., Широких И. Г.</b> Изучение биосинтетического потенциала почвенных стрептомицетов .....	66
<b>Скугорева С. Г., Домрачева Л. И., Кантор Г. Я.</b> Роль микромицетов в биосорбции тяжелых металлов .....	70
<b>Миндубаев А. З., Бабынин Э. В., Волошина А. Д., Бадеева Е. К., Минзанова С. Т., Кабирова Г. Г., Шайхутдинов Р. К., Синицина А. А., Шарипов А. А., Махиянов А. Н., Пискунов Д. Б., Реджепов Д. К., Озерская С. М.</b> Устойчивость культур черного аспергилла к белому фосфору. Его влияние на клеточный цикл.....	74
<b>Симакова В. С., Огородникова С. Ю.</b> Влияние автошампуней и лаурилсульфата натрия на каталазную активность в песке и дерново-подзолистой почве .....	79
<b>Калейник А. П., Паславская В. О., Алфёров С. В.</b> Разработка биоанодов на основе иммобилизованных биокатализаторов для применения в макете биотопливного элемента .....	83
<b>Емельянова Е. В., Решетилов А. Н.</b> Лабораторная модель биосенсора для определения маннита.....	86
<b>Ланцова Е. А., Рыбочкин П. В., Каманина О. А.</b> Применение диметилдиэтоксисилана как гидрофобной добавки в золь-гель синтезе при иммобилизации метилотрофных дрожжей.....	90
<b>Лаврова Д. Г.</b> Формирование в условиях золь-гель синтеза гибридных материалов типа «клетка в органосиликатной оболочке» в присутствии полиэтиленгликоля .....	93
<b>Кантор Г. Я., Скугорева С. Г., Домрачева Л. И.</b> Сравнительный анализ кинетики сорбции ионов свинца(II) различными сорбентами.....	96
<b>Ляшенко Е. Н., Сибирцев В. С., Щемелинина Т. Н., Игнатьева Е. Ю., Куприна Е. Э.</b> Микробиотестовая система анализа экологической безопасности отходов нефтедобычи.....	100

## СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

<b>Бакулина А. В., Назарова Я. И., Широких И. Г.</b> Анализ мирового производства генетически модифицированных сортов растений .....	104
<b>Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Вотинцева А. К.</b> Получение новых генотипов ржи, устойчивых к <i>Claviceps purpurea</i> (Fr.) Tul.....	107
<b>Коновалова И. А., Савиных Н. П.</b> Состояние саженцев сосны обыкновенной после периода покоя .....	112
<b>Алексеева С. В., Тишин Д. В.</b> Сезонный рост клеток ксилемы сосны ( <i>Pinus sylvestris</i> L.) в условиях Республики Татарстан .....	117

<b>Шамсувалиева К. Р., Шабалкина С. В.</b> Анатомическое строение стебля <i>Iris sibirica</i> L. ....	119
<b>Тишин Д. В., Алексеева Ю. В., Марданова Н. Г.</b> Семенная продуктивность борщевика Сосновского в пойме р. Казанка (Республика Татарстан).....	123
<b>Шабалкина С. В.</b> Эколого-морфологические особенности <i>Bidens tripartita</i> (Asteraceae) в фитоценозах подзоны хвойно-широколиственных лесов (Кировская область).....	125
<b>Домнина Е. А., Пересторонина О. Н., Забабурин Е. А., Смирнова Г. С.</b> Из опыта выращивания посадочного материала <i>Pinus sylvestris</i> L. с закрытой корневой системой.....	130
<b>Канев В. А.</b> Материалы к флоре высших растений водораздела рек Б. Инта и Лемва – территории, предлагаемой для организации заказника «Чернореченский» (Крайнесеверная тайга, Интинский район Республики Коми).....	133
<b>Егорова Н. Ю.</b> К изучению продуктивности <i>Fragaria viridis</i> Duch. в степных фитоценозах Челябинской области .....	138
<b>Степанов А. А., Рябова Е. В., Егошина Т. Л.</b> Урожайность и запасы съедобных базидиомицетов Сунского района Кировской области .....	142
<b>Соловьев А. Н.</b> Региональная сеть и система особо охраняемых природных территорий – не одно и то же.....	144
<b>Черемисинов М. В., Дудин Г. П.</b> Фунгицидное действие инсектицидов-протравителей на семена ярового ячменя.....	148
<b>Емелев С. А., Помелов А. В., Черемисинов М. В., Дудин Г. П.</b> Реакция проростков ячменя на обработку семян биопрепаратами на основе ризобактерий.....	152
<b>Калинина Е. С., Резник Е. Н., Шишкин Г. П.</b> Оценка антиоксидантных свойств эфирных масел и растительных экстрактов пихты и сосны .....	156
<b>Розина С. А., Макурина О. Н.</b> Эффекты влияния сочетания физического и химических факторов на содержание пигментов и ферментативную активность в тканях <i>Ceratophyllum demersum</i> .....	159
<b>Соколова М. Л., Лялина Е. И.</b> Разработка экспресс-теста для определения глутатиона в растениях.....	163
<b>Бушмелева А. В., Оботурова М. Н., Жукова А. В., Лялина Е. И.</b> Исследование влияния сульфата меди(II) в присутствии различных металлсвязывающих агентов на состояние растений .....	166
<b>Полушкина Н. В., Товстик Е. В., Шуплецова О. Н., Фокина А. И., Березин Г. И.</b> Транслокация тяжелых металлов в системе почва – растение ячменя .....	171
<b>Товстик Е. В., Липатников А. Е., Зивенко М. В., Ашихмина Т. Я.</b> Исследование накопления тяжелых металлов растениями <i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden. ....	175
<b>Бекузарова С. А., Дулаев Т. А., Датиева И. А., Албегов А. И.</b> Растения – аккумуляторы нефтезагрязненных почв .....	179

<b>Глазырина М. А., Филимонова Е. И., Перевозчикова Е. Н., Лукина Н. В. <i>Rubus saxatilis</i> L. на золоотвале Верхнетагильской ГРЭС .....</b>	<b>182</b>
<b>Степанова И. Д., Огородникова С. Ю., Домнина Е. А.</b> Изучение содержания общего фосфора в лишайнике <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl. в районе объекта уничтожения химического оружия в пос. Мирный Кировской области.....	187

## СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

<b>Кулакова О. И., Татаринцов А. Г.</b> Ухтинская фауна булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera): 70 лет наблюдений .....	190
<b>Морозов С. С., Пестов С. В.</b> Материалы по фауне членистоногих перспективной ООПТ «Атарская лука» .....	194
<b>Мазеева А. В., Кулакова О. И., Пестов С. В.</b> Современное состояние изученности булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Rhopalocera) Кировской области .....	198
<b>Турмухаметова Н. В., Сухорукова М. В.</b> Разнообразие энтомокомплексов в ценопопуляциях <i>Betula pendula</i> Roth Республики Марий Эл.....	201
<b>Целищева Л. Г., Рогожникова Е. В., Юферев Г. И.</b> Население мертвоедов (Coleoptera, Silphidae) долины р. Вятки в 2008–2017 гг. (на примере заповедника «Нургуш») .....	204
<b>Тычинкина И. Г., Пестов С. В., Огородникова С. Ю.</b> Влияние галлового клеща <i>Eriophyes padi</i> на листья черемухи .....	209
<b>Рымкевич И. А., Нестерова О. Л.</b> Фенетические исследования жилкования крыльев блошек рода <i>Crepidodera Chevrolat</i> , 1837 (Coleoptera, Chrysomelidae) .....	213
<b>Зиновьев В. В., Пестов С. В.</b> Изменения повреждений листьев липы сердцевидной ( <i>Tilia cordata</i> L.) членистоногими в урбанизированной среде .....	216
<b>Афонина Е. Ю., Ташлыкова Н. А.</b> Влияние факторов среды на планктонные биоценозы содово-соленых озер Даурского экорегиона (Забайкальский край).....	218
<b>Береснева А. И., Масленникова О. В.</b> Биозагрязнение окружающей среды урбанизированных территорий г. Кирова яйцами <i>Toxocara canis</i> .....	222
<b>Масленникова О. В., Котельников С. А.</b> Тарандный цистицеркоз лося в Республике Удмуртия.....	225
<b>Нуртдинова А. П., Рябова Е. В.</b> Анализ естественно-научной коллекции позвоночных животных МБУ «Кировский городской зоологический музей» .....	229
<b>Злобин А. А., Рябов В. М., Пестов С. В.</b> Ихтиофауна водоемов в окрестностях г. Кирово-Чепецка.....	231

<b>Кондрухова С. В.</b> Зимовка орлана-белохвоста в заповеднике «Нургуш».....	233
<b>Суханова Н. С., Соловьёв В. А.</b> Использование дистанционных методов исследования для наблюдения за кладками глухаря и шилохвосты .....	236
<b>Котельникова Т. А., Масленникова О. В.</b> Динамика численности мелких млекопитающих в Центральносибирском заповеднике.....	239
<b>Кудяшева А. Г., Гудков И. Н.</b> Динамика численности мышевидных грызунов при техногенных загрязнениях .....	244
<b>Антипов В. В., Мартынов А. П.</b> Особенности популяции бобра в антропогенных условиях в Самарской области .....	247
<b>Рябов В. М.</b> Млекопитающие в микрорайоне Радужный г. Кирова.....	251



## СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

### ОКИСЛЕНИЕ МЕТИЛАМИНА И НИЗШИХ АЛИФАТИЧЕСКИХ СПИРТОВ КЛЕТКАМИ НОВОГО ФАКУЛЬТАТИВНОГО МЕТИЛОТРОФА *PARACOCCLUS SIMPLEX* ВКМ В-3226

*Т. Н. Кувичкина, Е. Н. Капаруллина, Н. В. Доронина, А. Н. Решетилев*  
Институт биохимии и физиологии микроорганизмов  
им. Г. К. Скрыбина РАН, kuv@ibpm.pushchino.ru

Из ила пресного озера на юге Московской области выделен новый штамм факультативно-метилотрофных бактерий, использующий метиламин в качестве источника углерода, азота и энергии. На основании хемо- и генотаксономических данных штамм отнесён к группе *Alpha-Proteobacteria*, к новому виду рода *Paracoccus*, для которого предложено название *Paracoccus simplex* ВКМ В-3226 [1]. Представители рода *Paracoccus* широко распространены и играют важную экологическую роль в круговороте биогенных элементов.

Цель работы – изучение окисления метиламина и низших алифатических одноатомных спиртов клетками нового метилотрофа *Paracoccus simplex* ВКМ В-3226 биосенсорным амперометрическим методом.

В работе использовали штамм *Paracoccus simplex* ВКМ В-3226, выделенный в лаборатории радиоактивных изотопов ИБФМ РАН из ила пресного озера на юге Московской области [2].

Метилотрофы выращивали на среде «К», которая содержала (г/л):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 2,0;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,125;  $\text{NaCl}$  – 0,5;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,002; вода дистиллированная 1 л, значение рН 7,2 устанавливали 3М  $\text{NaOH}$ . Для приготовления всех растворов и буферов использовали дистиллированную воду.

Культивирование проводили в колбах объёмом 750 мл, содержащих 200 мл среды. После стерилизации (1 атм.; 30 мин) в среду добавляли 1 мл 30% (об/об) метиламина и 20 мл жидкой посевной культуры или засеивали смывом стерильной средой с агаризованной скошенной культуры, инкубировали на качалке (140 об/мин) при температуре 29 °С до начала стационарной фазы роста (2–5 суток). Биомассу (конец экспоненциальной фазы роста) отделяли центрифугированием при 5000 g в течение 30 мин, +4 °С, хранили в холодильнике при +4 °С.

Для иммобилизации клетки ресуспендировали и аликвоту клеточной суспензии центрифугировали при 10000 g в течение 3 мин при комнатной температуре. Клетки отмывали дважды 50 мМ калий-фосфатным буфером, рН 7,5. Иммобилизацию клеток осуществляли методом физической адсорбции. Для этого клеточную суспензию, содержащую 10 мкл 50 мМ калий-

фосфатного буфера (рН 7,5) с 1 мг сырой биомассы, наносили на полоску носителя хроматографическая стеклобумага Whatman GF/A (Великобритания), формируя пятно диаметром 5 мм. Пятно подсушивали при комнатной температуре в течение 20 мин. Биорецептор фиксировали на измерительной поверхности кислородного электрода типа Кларка («Кронас», Россия) с помощью нейлоновой сетки.

Измерения проводили в открытой кювете объёмом 2 мл в 50 мМ калий-фосфатным буфере (рН 7,5), насыщенном кислородом, при комнатной температуре. Для управления прибором и регистрации измерений использовался потенциостат ИРС-Micro («Кронас», Россия) и персональный компьютер. Потенциостат ИРС-Micro управлялся программой, позволяющей регистрировать ответ биосенсора. Регистрируемым параметром при фиксированном потенциале (-700 мВ) являлась максимальная скорость изменения выходного сигнала  $dI/dt$  (нА/с), связанная пропорциональной зависимостью со скоростью изменения концентрации потреблённого кислорода (ответ биосенсора). После установления постоянного уровня тока в ячейку микропипеткой вводили 100 мкл пробы субстрата. После каждого измерения производили промывку ячейки фосфатным буфером. Для обработки полученных результатов использовали компьютерную программу для нелинейной регрессии (Программа Sigma Plot 12).

Построение зависимостей ответа биосенсора от содержания биомассы на носителе. Для исследования зависимости ответа биосенсора от содержания биомассы использовали рецепторы, содержащие 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 3,0 мг сырой биомассы. В качестве субстрата использовали 88 мкМ метиламина. Все исследования проверялись в трёх повторностях.

Построение зависимостей ответа биосенсора от значений рН. Для измерения рН-зависимости использовали 50 мМ калий-фосфатный-буфер, со значениями рН 4,80; 6,17; 6,58; 7,09; 7,50; и 8,30. В качестве субстрата использовали 88 мкМ метиламина. Все исследования проверялись в трёх повторностях. Вариация данных не превышала 5%.

Долговременная стабильность биосенсора. Её определяли путём ежедневного измерения величины ответа сенсора на одну и ту же концентрацию метиламина (88 мкМ) в течение 9 дней.

В условиях эксперимента были использованы нерастаущие клетки, для которых следует ожидать стабильные стехиометрические соотношения между количеством потреблённого кислорода и субстрата. Максимальные скорости обоих процессов взаимно пропорциональны. Сравнение значений скорости потребления кислорода является обоснованным для подобного параметра окисления субстрата.

Для исследования зависимости ответа биосенсора от содержания биомассы использовали рецепторы, содержащие от 0,5 до 3,0 мг сырой биомассы.

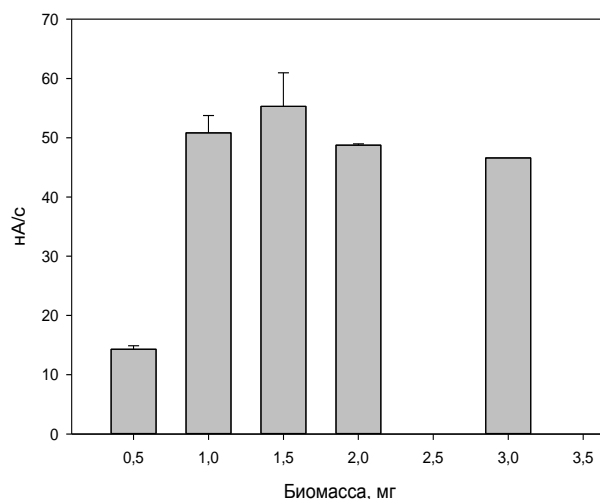


Рис. 1. Влияние содержания биомассы на носителе (GF/A) на ответ биосенсора на основе ИмК штамма *P. simplex* VKM B-3226

Из рисунка 1 видно, что содержание на рецепторе сырой биомассы 1,0 или 1,5 мг является наиболее благоприятным. Такое содержание биомассы использовали в дальнейшей работе.

Значение pH среды является одним из факторов, влияющих на активность клеточных ферментов исследуемого микроорганизма. Для измерения pH-зависимости использовали 50 мМ калий-фосфатный буфер в диапазоне значений pH 4,80–8,30. На рисунке 2 представлен график влияния значений pH на ответ биосенсора при использовании метиламина.

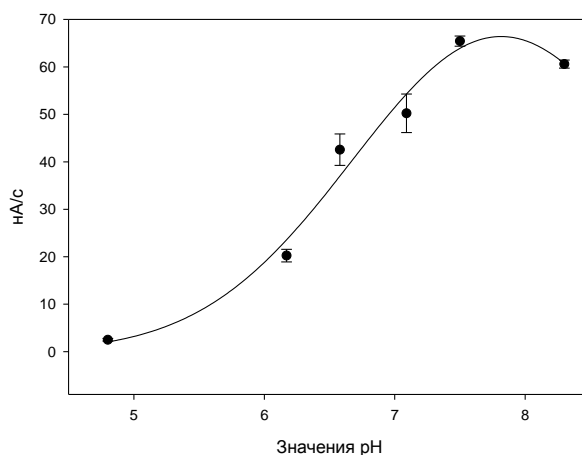


Рис. 2. Влияние значений pH на ответ биосенсора на основе ИмК штамма *P. simplex* VKM B-3226

Максимальный ответ ИмК *P. simplex* наблюдался при pH 7,5. Калий-фосфатный буфер с таким значением pH использовали в дальнейших экспериментах.

Для исследования зависимости ответа биосенсора от ионной силы буферного раствора использовали концентрации растворов хлористого натрия в диапазоне 25–500 мМ. Ионная сила не оказывала существенного влияния на ответ биосенсора.

Для изучения влияния концентраций метиламина на потребление кислорода ИмК штамма *P. simplex* ВКМ В-3226 концентрации субстрата варьировали от 2,7 до 2800 мкМ. На рисунке 3 представлена градуировочная кривая зависимости ответа биосенсора от концентрации метиламина.

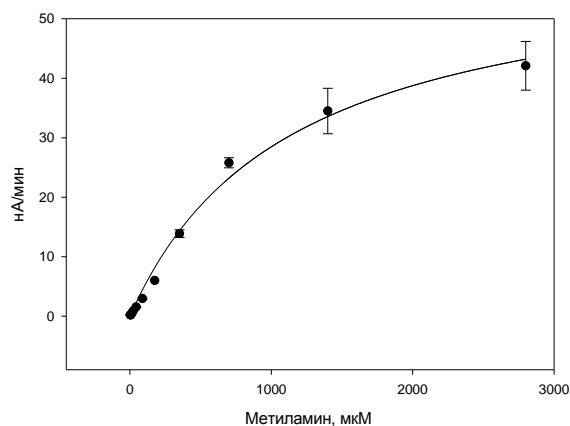


Рис. 3. Градуировочная кривая зависимости ответа биосенсора на основе ИмК штамма *P. simplex* ВКМ В-3226 от концентрации метиламина

Скорость окисления метиламина повышалась по мере увеличения его концентрации. Нижний предел определения составил 2,7 мкМ. Следует отметить, что градуировочный график включает в себя концентрацию, равную предельно допустимой концентрации (ПДК) для метиламина в воде (ПДК<sub>МА</sub>=1 мг/л или 33 мкМ).

При введении в систему ряда других субстратов регистрировали ответы биосенсора. На рисунке 4 представлена субстратная специфичность.

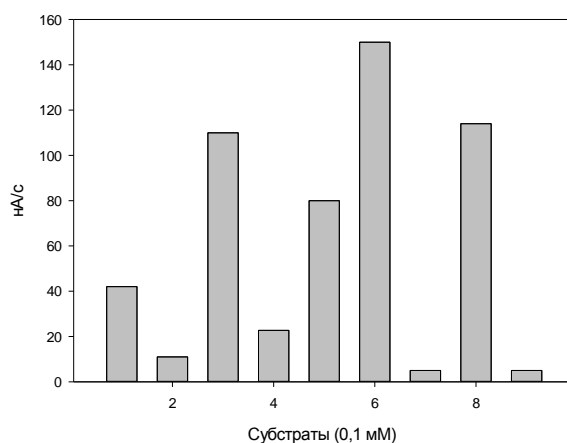


Рис. 4. Субстратная специфичность ответов биосенсора на основе ИмК штамма *P. simplex* ВКМ В-3226. Обозначения: 1 – метиламин, 2 – триметиламин, 3 – метанол, 4 – формальдегид, 5 – этанол, 6 – н-пропанол, 7 – изопропанол, 8 – н-бутанол, 9 – трет-бутанол

Штамм *P. simplex* ВКМ В-3226 выращивали в жидкой среде с метиламином (1) в качестве единственного источника углерода, азота и энергии. Ферментные системы по его утилизации работают с потреблением молеку-

лярного кислорода. При введении диметиламина в рассматриваемых концентрациях не наблюдалось ответа. Триметиламин (2) имеет меньшую величину ответа по сравнению с метиламином, возможно, из-за стерических затруднений. Культура не растёт на метаноле (3), однако, наблюдалась большая величина ответа. При введении формальдегида (4), продукта окисления метанола наблюдалась небольшая величина ответа. Для низших алифатических одноатомных спиртов гомологического ряда этанол (5), н-пропанол (6) и н-бутанол (8) наблюдались большие величины ответов. Для изомеров изопропанола (7) и трет-бутанола (9) зафиксированы небольшие величины ответов. Вероятно, это связано со стерическими затруднениями.

Таким образом, биосенсорным амперометрическим методом изучена возможность анализа метиламина и низших алифатических одноатомных спиртов клетками нового метилотрофа *Paracoccus simplex* ВКМ В-3226. Показано, что штамм обладает широкой субстратной специфичностью. Эти данные подтверждают, что изолят относится к факультативным метилотрофам и перспективен для использования в биосенсорах. Однако, ответы получены при выращивании клеток на металамине. Вероятно, при адаптации культуры к другим окисляемым субстратам, можно получить значительные ответы биосенсора.

#### Литература

1. Троценко Ю. А., Доронина Н. В., Торгонская М. Л. Аэробные метиловобактерии. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2010. 325 с.
2. Доронина Н. В., Капаруллина Е. Н., Чемодурова А. А., Троценко Ю. А. *Paracoccus simplex* sp. nov. – новый факультативный метилотроф, использующий метиламин // Микробиология. 2018. В печати.

### ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИЕ ГРУППЫ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ОКУЛЬТУРИВАНИЯ

*Е. Е. Гаевский, А. М. Варатынская*  
Белорусский государственный университет,  
Минск, Республика Беларусь, [gaevski@rambler.ru](mailto:gaevski@rambler.ru)

Микробные ценозы играют первостепенную роль в круговороте вещества и потоках энергии в экосистемах и определяют, в конечном счете, их гомеостаз. Установлено, что структура и функционирование почвенных микробных сообществ зависят от конкретных экологических факторов, влияющих на микроорганизмы на уровнях микро- и мезолокусов, генетических горизонтов, почвенного профиля, типа почвы, биогеоценозов с горизонтальной и вертикальной структурной дифференциацией, природно-климатических зон. При этом микроорганизмам отводится одна из ведущих ролей в регуляции ряда факторов и поддержании гомеостаза такой сложной гетерогенной структуры как почва, а также формировании ее минералогического состава [1].

В условиях современного интенсивного земледелия все большее значение приобретают вопросы повышения плодородия почв путем обогащения их органическим веществом и улучшения на этой основе структуры почвенного микробиологического разнообразия. В первую очередь, коренного улучшения требуют песчаные почвы, обладающие низким плодородием и которые быстро истощаются в процессе сельскохозяйственного использования [2].

Результаты исследований, проведенных с дерново-подзолистыми песчаными и супесчаными почвами, показали, что применение торфяных добавок является активным мелиоративным мероприятием по регулированию их микробиологической активности [2, 3].

Участие микроорганизмов в осуществлении протекающих в почве биохимических процессов и их способность к перестройке качественного состава и изменению активности под влиянием факторов окружающей среды делают очевидной возможность направленного воздействия на деятельность почвенной микрофлоры [4, 5].

Актуальность изучения структуры микробиологического комплекса дерново-подзолистых песчаных почв в условиях их окультуривания обусловлена необходимостью накопления экспериментальных данных и создания научной базы, которая в перспективе будет использована для биологической диагностики почвенного плодородия с целью его улучшения.

В связи с этим целью данной работы является изучение различных экологических групп микроорганизмов оптимизированной дерново-подзолистой песчаной почвы.

Полевые опыты проводились на базе хозяйства «ПМК-16 АГРО» около агрогородка Пересады Борисовского района Минской области на дерново-подзолистой связнопесчаной почве.

Схема полевого опыта включает 5 вариантов, где на опытные делянки площадью 50 м<sup>2</sup> в четырехкратной повторности вносился суглинок из расчета 100, 200, 300 и 400 т/га, а также торфонавозный компост в дозе 200 т/га с соотношением навоза к торфу 1:1.

Вносимый легкий суглинок характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН<sub>KCl</sub> – 6,1; сумма поглощенных оснований – 4,3 мг-экв. /100 г почвы, подвижный фосфор – 22,9, обменный калий – 33,0 мг/100 г почвы, содержание меди – 1,0, цинка – 4,6, бора – 0,44 мг/кг. Содержание физической глины – 26%, содержание гумуса – 1,8%.

Для приготовления торфонавозного компоста использовали низинный торф с зольностью 30%, рН<sub>KCl</sub> – 6,4; суммой поглощенных оснований – 19,6 мг-экв. /100 г почвы, Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> – 99,1, К<sub>2</sub>О – 120,0 мг/100 г почвы, содержанием меди – 3,6, цинка – 14,4, бора – 2,7 мг/кг.

В торфонавозном компосте 70%-ной влажности содержалось: органического вещества – 220, N<sub>общ</sub> – 6, Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> – 2, К<sub>2</sub>О – 5, СаО – 4,5, MgO – 1 кг/т.

В восьмой год проведения оптимизации на полевым участке культивировали овес (2013 г.) и в девятый год – кукурузу (2014 г.). В 2015 г. выращивался ячмень, в 2016–2017 гг. культивировалась кукуруза. В качестве фона

под культуру вносили минеральные удобрения в виде мочевины, двойного суперфосфата и калийной соли.

Обработку почвы, сроки посадки и уход за культурами в период вегетации проводили в соответствии с агротехническими требованиями, рекомендуемые для центральной части Беларуси.

Отбор образцов почвы проводили летом (июль) 2015–2017 гг. Определение численности микроорганизмов осуществляли методом посева на питательные среды [6, 7].

Результаты исследований, проведенных с дерново-подзолистой песчаной почвой, показали, что на микробиологическую активность влияет применение торфяных и почвенных добавок, так как меняется среда их обитания, что влияет на их биологическую активность. Внесение торфоавозного компоста и суглинка в почву вызвало увеличение численности эколого-физиологических групп микроорганизмов, принимающих участие в минерализации органического вещества.

В оптимизированной почве значительно увеличилась численность всех изучаемых групп микроорганизмов, повысилась ее биологическая активность и связанное с ней плодородие. Численность гетеротрофных бактерий в оптимизированной почве возросла почти 2 раза по сравнению с контролем (июль) за все годы исследований. Количество спорообразующих бактерий в 2015 году, осуществляющих минерализацию более стойких органических веществ, возросло на контроле с  $307,8 \pm 7,7$  до  $1566 \pm 87,4$  тыс./г абсолютно сухой почвы (с внесением 200 т/га компоста + 400 т/га суглинка), а в 2017 году – с  $404 \pm 52,9$  (контроль) до  $784,3 \pm 70,1$  тыс./г абсолютно сухой почвы (с внесением 200 т/га компоста + 300 т/га суглинка). Здесь и далее по тексту приведены средние значения и стандартное отклонение.

Численность азотобактера в оптимизированной почве возросла в 3 раза. Внесение торфа в минеральную почву стимулировало развитие бактерий круговорота азота, в результате чего улучшилось азотное питание растений, что имеет важное значение для легких минеральных почв. Увеличение численности аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий обеспечило минерализацию внесенного торфа и содержащихся в почве других органических веществ, освобождение азота и превращение его в аммонийные и нитратные соединения. О накоплении в почве подвижного азота свидетельствует активное развитие бактерий аммонификаторов, численность которых в оптимизированной почве увеличилось в 2 раза по сравнению с исходной почвой. Так на контроле –  $133,9 \pm 15,7$ , а на варианте с внесением 200 т/га компоста + 200 т/га суглинка –  $254,1 \pm 10,1$  тыс./г абсолютно сухой почвы (2017 г.).

Высокая численность актиномицетов в окультуренной почве свидетельствует о достаточно глубокой минерализации азотсодержащих соединений и преобладании здесь окислительных процессов. Так летом 2015 г. на контроле численность актиномицетов составило  $688,4 \pm 15,7$  тыс./г абсолютно сухой почвы, в то время как на оптимизированных вариантах опыта численность достигала  $1337,7 \pm 146,4$  тыс./г абсолютно сухой почвы. В последующие годы

наблюдалась такая же тенденция. Такая «согласованность» микробиологических показателей отражает взаимосвязь разных звеньев трофической цепочки в преобразовании органического субстрата.

Внесение различных доз суглинка совместно с торфонавозным компостом оказало положительное действие на численность микроскопических грибов дерново-подзолистой песчаной почвы. Так, летом 2017 г. наблюдалось увеличение численности микроскопических грибов с  $638,8 \pm 69,6$  тыс./г абсолютно сухой почвы на контроле до  $1173,7 \pm 85,1$  тыс./г абсолютно сухой почвы на оптимизированных вариантах (с внесением 200 т/га компоста + 400 т/га суглинка).

Вместе с тем, в окультуренной почве наблюдается снижение численности денитрифицирующих бактерий, осуществляющих анаэробный процесс восстановления азотных соединений до молекулярного азота или аммиака, что обусловлено улучшением водно-воздушного режима этой почвы. Благодаря этому достигается более экономное использование растениями минерального азота.

Таким образом, структура микробиологического разнообразия дерново-подзолистой песчаной почвы под действием торфования и землевания существенно улучшается, что является важным фактором повышения ее плодородия.

#### Литература

1. Пухов Д. Э. Роль микроорганизмов в формировании сильномагнитных почвенных новообразований: Дис. ... канд. биол. наук. Ярославль, 2005.
2. Куликов Я. К. Почвенно-экологические основы оптимизации сельскохозяйственных угодий Беларуси. Минск, 2000. 280 с.
3. Малышев Ф. А. Мелиорация легких почв суспензией торфа. Минск, 1989. 160 с.
4. Куликов Я. К., Гаевский Е. Е. Эколого-микробиологическая оценка оптимизации дерново-подзолистой песчаной почвы // Мелиорация. 2015. № 2 (74). С. 113–123.
5. Гаевский Е. Е., Куликов Я. К. Влияние окультуривания дерново-подзолистой песчаной почвы на ее микробиологическое разнообразие и биологическую активность // Экологический вестник. 2016. № 2 (36). С. 17–25.
6. Андреев Е. И. Почвенные микроорганизмы и интенсивное землепользование. Киев: Наук. думка, 1988. 192 с.
7. Нетрусов А. И. Практикум по микробиологии. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.



## БАКТЕРИИ РОДА *AZOTOBACTER* КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ЛУГОВОЙ ПОЧВЫ

*В. С. Симакова*<sup>1,2</sup>, *А. Л. Коновалов*<sup>2</sup>, *Л. И. Домрачева*<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет,*

<sup>2</sup> *Вятская государственная сельскохозяйственная академия, dli-alga@mail.ru,*

<sup>3</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Свободно живущие аэробные азотфиксирующие бактерии р. *Azotobacter* были выделены в чистую культуру М. Бейеринком еще в 1901 г. С тех пор азотобактер используется не только для приготовления бактериальных удобрений, но и как индикаторный организм при определении состояния почвы. Как правило, считают, что наличие азотобактера свидетельствует о содержании в почве значительного количества легкодоступных органических соединений, продуктов распада растительных и животных клеток. В частности, он усиленно размножается в почвах, удобренных соломой и солоmistым навозом, ассимилируя вещества, образующиеся при распаде целлюлозы [1]. Развитие азотобактера в значительной степени зависит от наличия в среде фосфора. Поэтому азотобактер используется в качестве тест-организма на этот элемент. Длительное время массовое развитие азотобактера в почвах связывали с её высоким плодородием и оптимальным водно-тепловым режимом.

Тем не менее, изучение микробных комплексов антропогенно нарушенных и загрязненных почв, в частности, на урбанизированных территориях, показало, что и в них постоянно обнаруживается азотобактер [2–4]. В первую очередь, его присутствие отмечается в придорожных экосистемах интенсивно используемых дорог. При этом во всех случаях доминировали штаммы, способные вырабатывать различные пигменты (кремовые, черные, малиновые, бурые) с явно выраженным слизиобразованием и выделением и выделением метаболитов в агаризованную среду.

Цель данной работы – определить интенсивность развития бактерий р. *Azotobacter* в почвах пойменных и суходольных лугов, находящихся в зоне уничтожения химического оружия после прекращения его деятельности.

Для исследования на содержание азотобактера были отобраны образцы почв луговых фитоценозов на участках комплексного экологического мониторинга района объекта «Марадыковский», расположенных на разном удалении от объекта. Обнаружение бактерий р. *Azotobacter* проводили методом обростаания почвенных комочков, помещенных на агаризованную среду Эшби в чашки Петри [5]. Анализу подвергались 11 почвенных образцов: 3 – пойменных лугов (№ 54, 66 и 79) 8 – суходольных (№ 10, 35, 39, 41, 57, 60, 103 и 111).

Ранее на исследуемых участках был изучен видовой состав и численность фототрофных микроорганизмов (водорослей и цианобактерий), количественные характеристики микоценозов, а также определялась ферментативная активность почвы [6–8]. Было установлено, что на территории санитарно-защитной зоны и зоны защитных мероприятий участки с дерново-

подзолистой почвой характеризовались большей стабильностью активности каталазы и уреазы, чем с подзолистой почвой.

Альгофлора луговых фитоценозов объекта соответствует зональному типу почв. За период функционирования объекта не отмечено изменения структуры альгосинузий наблюдаемых участков мониторинга. Количественный альгологический анализ показал, что абсолютное доминирование во всех типах почвы принадлежит одноклеточным зеленым водорослям (270–717 тыс. кл./г).

Анализ структуры грибных популяций выявил, что доминирование в исследуемых почвах принадлежит окрашенным (меланизированным) микромицетам, которые могут составлять до 70% и вносят большой вклад в процессы гумификации почв.

Относительное содержание азотобактера в почвах было различным. В соответствие с применяемой методикой обилие азотобактера в почве и, следовательно, степень её плодородия определяют по проценту обрастания комочков почвы колониями азотобактера

Реакция бактерий рода *Azotobacter* была довольно неодинаковой. Как правило, азотобактер используют в качестве индикаторного микроорганизма на плодородие почвы. Применяемая при этом методика основана на обрастании комочков в почве, разложенных на агаризованной среде Эшби. Чем больше процент обрастания комочков азотобактера, тем почву считают более плодородной.

Результаты данного опыта показывают, что в дерново-подзолистых почвах суходольных лугов существенное обилие (обрастание комочков почвы составляет от 60 до 96%) азотобактера встречается лишь на 3-х из 8-ми обследованных участков: № 35, 60, 103 (рис.). При этом максимум азотобактера на участках 60 и 103 совпадает с максимумом развития водорослей [8]. На остальных участках присутствие азотобактера невелико (количество обросших комочков почвы – 8–20%).

В дерново-подзолистых почвах пойменных лугов из 3-х обследованных образцов только в одном произошло обрастание азотобактером менее 10% комочков (участок № 79). В 2-х других образцах (участки № 54 и 66) обрастание комочков почвы составило 88 и 93% (рис.). Эти результаты совпадают с максимальным развитием водорослей и максимальной численностью и минимальным содержанием меланинсодержащих микроскопических грибов [7, 8].

Ранее проведенные исследования аллювиальных почв в зоне действия Кирово-Чепецкого химического комбината показали, что в них относительное обилие азотобактера намного ниже, чем в луговых почвах – на 2-х из 8 исследованных участков максимальный процент обрастания комочков составляет всего 36 и 52%, на 2-х – менее 16% и на 4-х – азотобактер совсем не обнаружен [9].

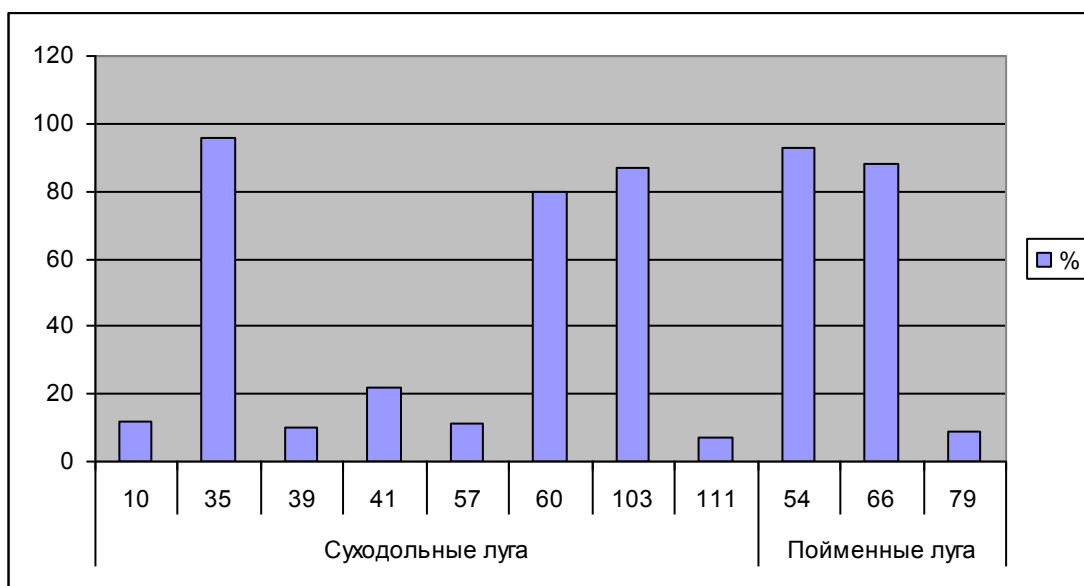


Рис. Процент обрастания комочков азотобактера на пойменных лугах

Таким образом, впервые проведенное определение обилия азотобактера в почвах после завершения работ на объекте по хранению и уничтожению химического оружия «Марадыковский» показывает относительное благополучие этих почв по такому показателю, как развитие бактерий р. *Azotobacter*. При этом прослеживается определенная зависимость между максимумом развития азотобактера, водорослей и непигментированных микромицетов.

*Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.*

### Литература

1. Шильникова В. К. Азотфиксирующие бактерии // Жизнь растений в шести томах. Т. 1. Бактерии и актиномицеты. М.: Просвещение, 1974. С. 353–388.
2. Громов Б. В., Павленко Г. В. Экология бактерий. Л.: Наука, 1979. 278 с.
3. Скворцова И. Н. Микробиологические и некоторые санитарно-гигиенические свойства городских почв // Почва, город, экология. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. С. 125–149.
4. Артамонова В. С. Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 225 с.
5. Зенова Г. М., Степанов А. Л., Лихачева А. А., Манучарова Н. А. Практикум по биологии почв. М: Изд-во МГУ, 2002. 120 с.
6. 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.
7. 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 // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ВятГУ, 2017. С. 243–246.
8. Безденежных К. А., Кондакова Л. В. Сообщества почвенных водорослей и цианобактерий луговых экосистем // Почвы и их эффективное использование: Материалы

международ. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора Владимира Владимировича Тюлина. Ч. 2. Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2018. С. 9–13.

9. Злобин С. С., Зыкова Ю. Н., Адамович Т. А., Скугорева С. Г., Домрачева Л. И., Дабах Е. В., Кантор Г. Я. Интенсивность развития микробных комплексов в почвах в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Материалы Всерос. научно-практ. конф. молодежи. Киров: ООО «Лобань», 2010. С. 55–58.

## **ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО (*LOTUS CORNICULATUS*) НА ЧИСЛЕННОСТЬ ЭПИФИТНОЙ МИКРОФЛОРЫ СЕМЯН УРОЖАЯ ПЕРВОГО ГОДА**

**О. Н. Малыгина<sup>1</sup>, Л. И. Домрачева<sup>1,2</sup>,  
Л. В. Трефилова<sup>1</sup>, Е. В. Товстик<sup>1,3,4</sup>**

<sup>1</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия, [dli-lga@mail.ru](mailto:dli-lga@mail.ru),

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

<sup>3</sup> Вятский государственный университет,

<sup>4</sup> Федеральный аграрный научный центр  
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого

Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) – отличное кормовое растение, пригодное для возделывания в полевых и кормовых севооборотах. Для него пригодны самые разнообразные почвы. Он лучше других бобовых трав растёт на слабокислых малоплодородных почвах, устойчив к болезням и вредителям, фиксирует 150–300 кг/га атмосферного азота [1]. Перспективность лядвенца рогатого подтверждается сведениями о его обширном ареале, устойчивости к болезням, способности произрастать и давать высокие урожаи на разных почвах, высокой кормовой ценности и медоносном значении [2].

Постоянными спутниками любых высших растений, в том числе и лядвенца, являются представители разнообразной эпифитной и ризосферной микрофлоры, формирующие микробиом растений. В состав эпифитной микрофлоры входят микроорганизмы (МО), находящиеся не только на стеблях, листьях и других надземных органах растений, но и на семенах. Исключение составляют лишь семена, плотно закрытые плодовыми или семенными оболочками, например плоды бобовых культур. В таких случаях до момента раскрытия оболочек семена практически лишены микрофлоры.

Степень обсеменённости различного зерна МО неодинакова. Здесь сказываются индивидуальные особенности растения, условия созревания зерна и морфологические его признаки. Так, бороздка, шероховатая поверхность эпидермиса или цветочные плёнки способствуют скоплению на поверхности зерна большого количества пыли и микрофлоры. Поэтому на зерне злаковых растений больше микроорганизмов, чем на семенах бобовых с гладкой по-

верхностью. Последние к тому же созревают в бобах и до обмолота, защищены от попадания МО [3–5].

Цель данного исследования – изучить влияние предпосевной обработки семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) различными микробными культурами на численность эпифитной микрофлоры семян урожая 1 года.

Урожай 1 года был получен с опыта по изучению влияния различных биопрепаратов на урожайность лядвенца рогатого сорта Солнышко, проводимого в 2017 году на полях Федерального аграрного научного центра (ФАНЦ) Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого. Семена лядвенца были предоставлены сотрудниками отдела многолетних трав данного центра. Перед посевом была проведена обработка семян в следующих вариантах: 1) контроль – вода «Ключ здоровья»; 2) сапротрофная бактерия *Rhizobium loti* шт. 1801; 3) цианобактерия (ЦБ) *Fischerella muscicola* 300; 4) актинобактерия *Streptomyces hygroscopicus* A4; 5) *Fisch. muscicola*+*Str. hygroscopicus*; 6) *Rh. loti*+*Fisch. muscicola*; 7) *Rh. loti*+*Str. hygroscopicus*; 8) *Rh. loti*+*Fisch. muscicola*+*Str. hygroscopicus*. Культуры микроорганизмов были получены из следующих организаций: ризобиум – из малого инновационного предприятия «Биориз-Вятка», стрептомицет – из лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов ФАНЦ, культуры ЦБ – из коллекции кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА.

Определение численности эпифитной микрофлоры семян лядвенца проводили по стандартной методике методом разведений, предполагающим смыв микроорганизмов с поверхности семян стерильной дистиллированной водой с последующим посевом разведений, кратных 10, на селективные питательные среды. В данном опыте использовали питательный агар на основе дрожжевого гидролизата (ПА) для выращивания аммонифицирующих бактерий, крахмало-аммиачный агар (КАА) – для актиномицетов, среду Чапека – для микроскопических грибов.

Общая численность эпифитной микрофлоры семян лядвенца рогатого после уборки урожая в контрольном варианте составила чуть больше 4 млн. КОЕ/г. Данный результат оказался чрезвычайно близок результатам, полученным в нашем предыдущем опыте [6], в ходе которого определяли численность эпифитной микрофлоры семян перед посевом (рис. 1).

Вероятно, этот показатель (4 млн. КОЕ/г) является стабильной величиной, характеризующей численность эпифитной микрофлоры семян лядвенца рогатого при стандартных условиях хранения.

Сравнение результатов, полученных в контроле, с результатами других вариантов опыта, показывает, что любой инокулянт, применяемый для предпосевной обработки семян, способствуют снижению общей численности эпифитных МО, но в разной степени. Так, обработка монокультурой *Fisch. muscicola* приводит к снижению общей численности МО на семенах до 85 тыс. КОЕ/г против 4 млн. КОЕ/г в контроле. В 2,6 и 3,6 раза меньше, по сравнению с контролем, численность МО на семенах, обработанных *Str. hygroscopicus* и *Fisch. muscicola*+*Str. hygroscopicus* (рис. 2).

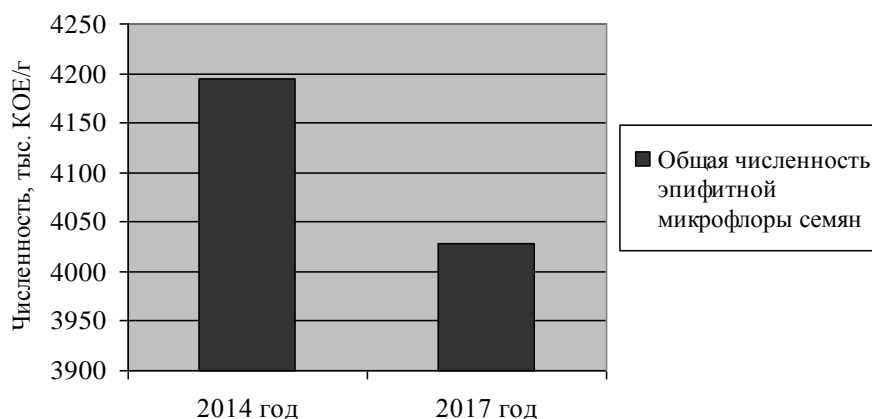


Рис. 1. Численность эпифитной микрофлоры семян люцерны рогатого перед посевом (2014 г.) и после уборки урожая (2017 г.)

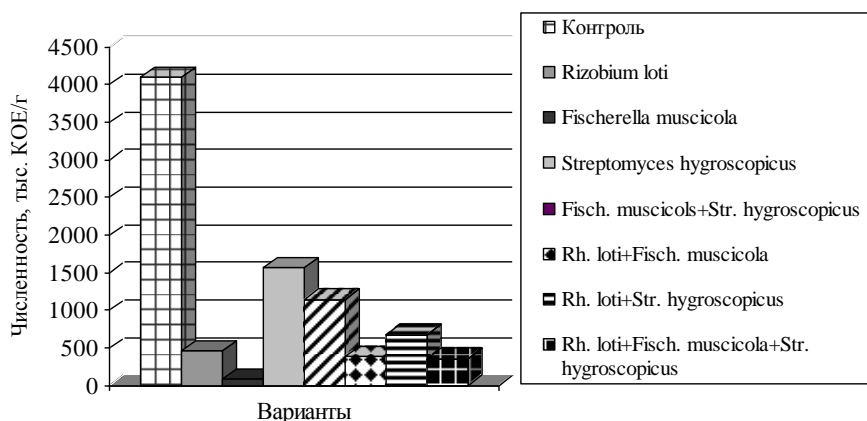


Рис. 2. Общая численность эпифитной микрофлоры семян люцерны рогатого (урожай 2017 г.)

Подобные изменения регистрируются и при анализе состояния различных физиологических групп МО (табл.). Как правило, чаще всего наибольшее количество фитопатогенов у растений встречается среди микромицетов. Поэтому к положительным последствиям предпосевной инокуляции семян можно отнести резкое снижение численности микроскопических грибов (в 5–17 раз) в составе эпифитной микрофлоры в вариантах *Rh. loti*, *Fisch. muscicola*, *Rh. loti+Fisch. muscicola*, *Rh. loti+Str. hygroscopicus*.

Таблица

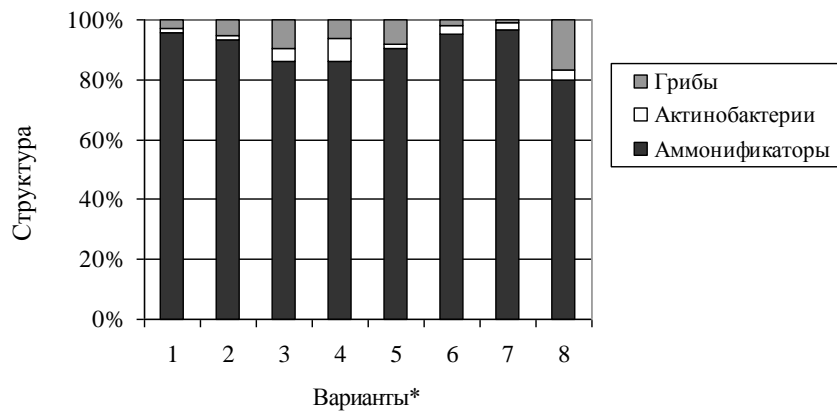
**Влияние микробов-инокулянтов на численность различных групп эпифитной микрофлоры семян люцерны рогатого, КОЕ · 10<sup>3</sup>/г**

Вариант	Аммонификаторы (ПА)	Актинобактерии (КАА)	Грибы (Чапек)
1	2	3	4
Контроль	3910,0±392,0	63,6±3,8	117,7±24,4
<i>Rhizobium loti</i>	430,0±35,0	5,7±1,1	24,0±3,5
<i>Fischerella muscicola</i>	73,0±11,0	3,7±0,6	8,0±1,0
<i>Streptomyces hygroscopicus</i>	1350,0±115,0	118,0±2,6	97,7±17,7

Окончание таблицы

1	2	3	4
<i>Fisch. muscicola</i> + <i>Str. hygrosopicus</i>	1037,0±40,0	19,0±3,6	90,3±7,7
<i>Rh. loti</i> + <i>Fisch. muscicola</i>	363,0±30,0	11,3±1,1	7,0±1,0
<i>Rh. loti</i> + <i>Str. hygrosopicus</i>	653,0±115,0	15,0±2,6	7,0±1,0
<i>Rh. loti</i> + <i>Fisch. muscicola</i> + <i>Str. hygrosopicus</i>	287,0±28,0	11,0±1,7	60,3±4,0

Общей закономерностью, выявляемой во всех вариантах, является специфичность структуры изучаемых микробных комплексов семян. Абсолютное доминирование в этих комплексах принадлежит бактериям-аммонификаторам (рис. 3). Их численность в структуре микробиомов семян всюду превышает отметку в 80%, с наибольшим представительством в варианте *Rh. loti*+*Str. hygrosopicus* – 96,7%. В группе актинобактерий наибольшее значение отмечается, в варианте *Str. hygrosopicus* – 7,5%, а для микроскопических грибов *Rh. loti*+*Fisch. muscicola*+*Str. hygrosopicus* – 16,8%.



\*Примечание: варианты те же, что и в таблице

Рис. 3. Влияние микробов-инокулянтов на структуру микробных комплексов семян лядвенца рогатого

Таким образом, предпосевная обработка семян лядвенца рогатого микробными культурами привела к определенным изменениям численности эпифитной микрофлоры семян урожая 1 года. В наибольшей степени, по сравнению с контролем, происходит падение общей численности эпифитных МО в вариантах с инокуляцией семян культурами *Fisch. muscicola*, *Str. hygrosopicus* и *Fisch. muscicola*+*Str. hygrosopicus*. Ещё в большей степени под влиянием микробов-инокулянтов происходит снижение численности микромицетов (варианты *Rh. loti*, *Fisch. muscicola*, *Rh. loti*+*Fisch. muscicola*., *Rh. loti*+*Str. hygrosopicus*).

Однако структура микробных комплексов, колонизирующих семена лядвенца, остается очень близкой во всех вариантах, кроме варианта с тройной композицией МО (*Rh. loti*+*Fisch. muscicola*+*Str. Hygrosopicus*), что объясняется неожиданной вспышкой размножения микромицетов.

Столь же неоднозначные результаты о влиянии предпосевной инокуляции семян при проведении данного опыта были получены нами при анализе морфометрических и урожайных данных лядвенца рогатого и степени нодуляции корневой системы [7].

*Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.*

#### Литература

1. Технология возделывания лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) на корм и семена / Под ред. М. И. Тумасовой. Киров, 2003. 39 с.
2. Змеева О. Н., Коломиец Н. Э., Абрамец Н. Ю., Бондарчук Р. А. *Lotus corniculatus* L. – перспективный вид рода *Lotus* L. // Химия растительного сырья. 2017. № 4. 5 с.
3. Мишустин Е. Н., Трисвятский Л. А. Микробы и зерно. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 292 с.
4. Возняковская Ю. М. Микрофлора растений и урожай. Л.: Колос, 1969. 240 с.
5. Смирнова Т. А., Кострова Е. И. Микробиология зерна и продуктов его переработки: Учеб. пособие для вузов. М.: Агропромиздат, 1989. 159 с.
6. Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Горностаева Е. А., Малыгина О. Н., Новокшонова Н. В. Влияние способов предпосевной обработки семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) на всхожесть и интенсивность образования клубеньков // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 3. С. 67–72.
7. Козылбаева Д. В., Малыгина О. Н., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Домрачева Л. И., Товстик Е. В. Влияние бактериальной инокуляции семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus*) на морфометрические показатели // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: ВятГУ, 2017. 17 с.

### ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА МИКРОФЛОРЫ ПОД ПОСАДКАМИ *LAVATERA TRIMESTRIS* L.

*А. В. Шабалина*<sup>1</sup>, *А. Л. Ковина*<sup>1</sup>,  
*Л. И. Домрачева*<sup>1,2</sup>, *Ю. Н. Зыкова*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*  
*a.shabalina94@mail.ru,*

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Вопрос о повышении плодородия почвы, в том числе урбанизированных территорий, в настоящее время стоит очень остро. Важным аспектом в решении этого вопроса является изучение микробиологического фактора, в том числе влияния интродукции агрономически полезных микроорганизмов на аборигенную почвенную микрофлору и численность природных микробиомов [1]. В этом ключе важное место занимают микробные биопрепараты, практический интерес к которым обусловлен безопасностью и положительным влиянием на плодородие. Их применение приводит к мобилизации природных ресурсов и активизации растительно-микробного взаимодействия.

Инокуляция семян микробными препаратами способствует интенсификации микробиологических процессов в почве, повышает азотфиксирующую



активность, обеспечивая нормальное физиологическое состояние растений, повышая их иммунитет и продуктивность [2, 3]. Помимо микробиологических препаратов, при выращивании декоративных и сельскохозяйственных культур часто применяют стимуляторы роста химической природы.

Цель работы – сравнить специфику микробных комплексов почвы при предпосевной обработке семян лаватеры микробными и химическими стимуляторами роста.

Лаватера (*Lavatera trimestris* L.) – красивоцветущее однолетнее растение семейства Мальвовые (Malvaceae). Лаватера цветет с июня по октябрь. Растение высотой 90-120 см, с развитой корневой системой. Стебель прямостоячий, ветвистый, покрытый щетинистыми волосками. Листья черешковые, округлые или почковидные, по краю зубчатые, разделенные на 3–5 долей. Цветки крупные, одиночные в пазухах листьев, воронковидные, диаметр цветков от 5 до 10 см. Венчик пятилопастный, лепестки ярко-розовые.

Для предпосевной обработки семян лаватеры использовали 2 химических стимулятора циркон и эпин-экстра, а также несколько штаммов почвенных цианобактерий в виде моно- и поликультур.

Циркон – регулятор роста растений комплексного воздействия. Основным действующим веществом является гидроксикоричная кислота. Циркон повышает всхожесть семян, устойчивость растений к заболеваниям, стимулирует процессы корнеобразования и плодоношения, способствует длительному цветению.

Эпин-экстра – регулятор роста, обладающий иммуномодулирующими свойствами. Действующее вещество 2,4-эпибрассинолид, который относится к классу природных фитогормонов [4].

Использованы культуры цианобактерий (ЦБ) *Fischerella muscicola*, *Nostoc paludosum*, *N. linckia*, *N. muscorum*, *Microchaeta tenera* из коллекции микроорганизмов кафедры биологии растений, селекции семеноводства и микробиологии Вятской государственной сельскохозяйственной академии.

Семена лаватеры замачивали в чашках Петри в следующих вариантах:

1. Контроль – артезианская питьевая вода «Ключ здоровья».
2. Циркон.
3. Эпин-экстра.
4. Гомогенизированная суспензия *F. muscicola* с титром  $9,1 \cdot 10^7$  кл./мл.
5. гомогенизированная пятивидовая смесь цианобактерий *N. paludosum* + *N. linckia* + *N. muscorum* + *M. tenera* + *F. muscicola* с титром  $6,8 \cdot 10^7$  кл./мл.

Повторность опыта трехкратная. После двухчасовой экспозиции семян их помещали в пластиковые контейнеры с почвой для выращивания рассады. Сформированные и окрепшие растения пересаживали в открытый грунт. Опыт проводили на дерново-подзолистой почве в черте г. Кирова.

Отбор почвенных образцов для микробиологического анализа проводили в конце вегетационного периода лаватеры в октябре 2017 г. после уборки растений, соблюдая общепринятые методики.

Микробиологический анализ проводили методом разведений с последующим высевом почвенных суспензий на агаризованные селективные питательные среды: питательный агар (ПА) для учета аммонификаторов, среда

Эшби для учета азотфиксаторов и среда Чапека для учета микроскопических грибов.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о сложности прогнозирования реакции почвенной микрофлоры на внесение семян, обработанных микробными и химическими препаратами. Количественный учет микроорганизмов показал различную реакцию микроорганизмов на предпосевную обработку семян (табл.).

Таблица

**Структура микробного комплекса почвенной микрофлоры в почве под лаватерой ( $\cdot 10^3$  КОЕ/г)**

Вариант	Прокариоты		Эукариоты
	Аммонификаторы	Азотфиксаторы	Грибы
1. Контроль	130,0 $\pm$ 10,0	149,7 $\pm$ 13,5	102,2 $\pm$ 2,5
2. Циркон	280,0 $\pm$ 30,0	39,0 $\pm$ 2,8	7,3 $\pm$ 1,5
3. Эпин-экстра	947,0 $\pm$ 141,0	96,3 $\pm$ 8,1	67,2 $\pm$ 10,2
4. <i>F. muscicola</i>	437,0 $\pm$ 47,0	158,7 $\pm$ 15,9	90,9 $\pm$ 28,7
5. Смесь ЦБ: <i>N. paludosum</i> + <i>N. linckia</i> + <i>N. muscorum</i> + <i>M. tenera</i> + <i>F. muscicola</i>	6973 $\pm$ 205	996 $\pm$ 58,9	219,9 $\pm$ 30,0

Наиболее резкое возрастание численности микроорганизмов зафиксировано для группы аммонификаторов во всех вариантах по сравнению с контролем. При этом в варианте со смесью ЦБ этот показатель превышает контроль более, чем в 50 раз. Вероятной причиной этого может быть усиленная экссудация продуктов метаболизма через корневую систему и, следовательно, увеличение питательных веществ в ризосфере, которое и приводит к вспышке размножения бактерий-аммонификаторов. В то же время смесь ЦБ, как и монокультура *F. muscicola*, в наибольшей степени влияли на количество побегов, листьев, цветков и диаметр цветков [5].

Предпосевная цианобактериальная инокуляция смесью привела также к интенсивному размножению наиболее полезных почвенных бактерий азотфиксаторов (более, чем в 6 раз по сравнению с контролем), а циркон и эпин-экстра, наоборот, снижали этот показатель.

Резкое снижение численности микроскопических грибов также произошло при обработке химическими стимуляторами, что может стать причиной снижения интенсивности минерализации органических веществ. Из двух химических стимуляторов роста наиболее угнетающим действием на почвенную микрофлору (азотфиксаторы и грибы) обладает циркон.

Ярко выраженный стимулирующий эффект на все группы микроорганизмов проявился в варианте с поликультуральной цианобактериальной инокуляцией семян, что наглядно проявляется при учете общей численности микрофлоры (рис.).

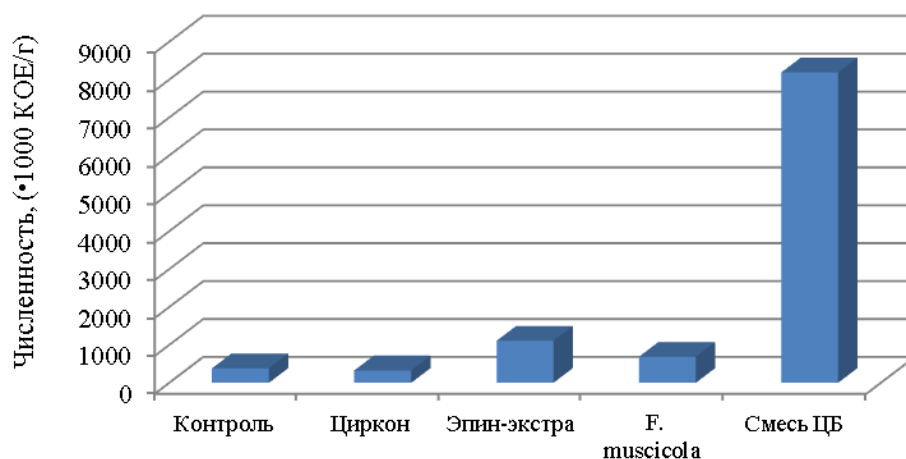


Рис. Влияние стимуляторов роста на общую численность микрофлоры в почве под лаватерой

Установлено определенное влияние предпосевной обработки семян лаватеры различными препаратами на численность основных экологотрофических групп микроорганизмов в верхнем слое дерново-подзолистой почвы в послеуборочный период. Наиболее эффективным оказалось внесение смеси ЦБ вместе с семенами в почву, что привело к резкому возрастанию численности всех исследуемых групп микроорганизмов по сравнению с контрольными цифрами. Применение химических стимуляторов роста циркон и эпин-экстра хотя и оказывает некоторое стимулирующее действие на биометрические показатели лаватеры [5], тем не менее приводит к существенному угнетению азотфиксаторов и микромицетов в почве, поэтому из 4-х опытных вариантов считаем оптимальным предпосевную инокуляцию семян лаватеры смесью ЦБ.

Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.

#### Литература

1. 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 // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2017. С. 306–309.
2. Домрачева Л. И., Ковина Л. А., Зыкова Ю. Н. Использование микробов-интродуцентов при выращивании декоративных культур в городских условиях // Особенности урбозкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока. Киров, 2012. С. 169–179.
3. Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Горностаева Е. А., Малыгина О. Н., Новокшонова Н. В. Влияние способов предпосевной обработки семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) на всхожесть и интенсивность образования клубеньков // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 3. С. 67–72.
4. Усова К. Е., Белонухов С. Л., Шайхиев И. Г., Экологически безопасные высокоэффективные регуляторы роста растений для цветочно-декоративных культур (обзор рос-

сийской литературы) // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 21. С. 193–198.

5. Зыкова Ю. Н., Шабалина А. В., Козылбаева Д. В., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Способы регулирования ростовых процессов и декоративных свойств *Lavatera trimestris* L. // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ВятГУ, 2017. С. 107–112.

## ГЕРБАРНЫЕ ОБРАЗЦЫ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ И БИОПЛЕНОК *NOSTOC COMMUNE* КАК НОСИТЕЛИ МИКРОФЛОРЫ

Л. И. Домрачева<sup>1,2</sup>, А. Л. Ковина<sup>1</sup>, В. С. Симакова<sup>1</sup>, А. А. Берг<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

*dli-alga@mail.ru*,

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Давно известна способность бактерий, микроскопических водорослей и грибов длительное время сохранять жизнеспособность, находясь в высушенных образцах почвы и растений, включая гербарные экземпляры. В частности, подобные примеры выживания водорослей и цианобактерий (ЦБ) приведены в классической монографии Э. А. Штиной и М. М. Голлербаха «Экология почвенных водорослей» [1]. По материалам исследований иностранных авторов они суммируют сведения о рекорде выживаемости ЦБ *Nostoc commune*, которая была оживлена после 107-летнего хранения в гербарии. Зеленые водоросли были выделены из почвы, сохранившейся в гербарии 30-летнего возраста.

В гербарной коллекции кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА оказались образцы бурых водорослей и биопленок *N. commune*, собранные в первой половине прошлого века. Мы предположили, что эти образцы на своей поверхности сохраняют жизнеспособные клетки микроорганизмов (МО).

Это предположение исходило из того, что у водорослей и ЦБ в природных условиях существует определенная зона, которую, по аналогии с ризосферой высших растений, называют альгосферой. Альгосфера создается за счет выделения продуктов обмена, среди которых известны различные органические соединения: сахара, органические кислоты, аминокислоты, амины, липиды, фитогормоны, витамины и др. [2]. Благодаря этому в альгосфере и непосредственно на поверхности водорослей (альгоплане) происходит интенсивное размножение микробов-спутников. В последние годы наблюдается повышенный интерес к МО, обитающим на поверхности морских водорослей [3, 4]. Полагают, что изучение микробиоты, обитающей на поверхности макрофитов, и её взаимоотношений с «хозяином» служит источником важнейшей информации для дальнейших экологических исследований водорослей и аквасистем в целом. Положительные отношения в системе макроводоросли-бактерии могут при рассмотрении их в биотехнологическом плане обеспечить промышленный биосинтез фитогормонов, антибиотиков, ферментов. В то же

время в доступной нам литературе мы не нашли данных о численности сопутствующей микрофлоры альгопланы морских водорослей, в частности, бурых.

Более обширна информация о микробных спутниках *N. commune*. Например, количественный учет МО, обитающих на поверхности свежесобранных биопленок *N. commune* показал, что численность сапротрофной микрофлоры составляет свыше 5 млн. КОЕ/г сухой массы биопленок [5].

Цель данной работы – определить численность сапрофитной микрофлоры на гербарных образцах бурых водорослей и ЦБ *Nostoc commune*.

Выделение сапрофитной микрофлоры проводили с поверхности следующих видов бурых водорослей: *Ascophyllum nodosum* (L.) LeYalis (собран 15 сентября 1927 г. на Мурманском побережье Баренцова моря); *Fucus vesiculosus* L. (собран 22 августа 1940 г. на скалах верхней литорали Дальнеземецкой губы Мурманского побережья); *Laminaria digitata* (L.) Lamour (собрана 7 сентября 1929 г. в Кольском заливе, Мурманск). Биопленки *Nostoc commune* собраны Э. А. Штиной 10 сентября 1959 г. в окрестностях г. Кирова на опушке леса на дерново-карбонатной почве.

Количественный учет МО проводили путем их смыва с поверхности водорослей и ЦБ в стерильную дистиллированную воду, 5-минутного взбалтывания на качалке и дальнейшего посева на питательный агар (ПА) для учета бактерий-аммонификаторов и на среду Чапека для учета микромицетов в 6-кратной повторности.

Результаты количественного анализа показали, что жизнеспособные клетки бактерий-аммонификаторов сохранились на всех изучаемых объектах. В минимальном количестве (менее 2000 КОЕ/г) они выявлены на поверхности *Laminaria digitata*, максимум (около 8000 КОЕ/г) обнаружен на *Ascophyllum nodosum* (табл.). Среди выделенных бактерий явное доминирование принадлежит представителям р. *Bacillus*, в частности, *B. mesentericus*. Дальнейшие исследования этих бактерий могут проходить в нескольких аспектах – на выявление их антагонистической, сорбционной активности и способности к разложению поллютантов. Ценность бациллярных биопрепаратов, помимо полезных свойств бактерий, во многом заключается в их способности к сохранению жизнеспособности в течение десятков лет (в данном опыте – до 90 лет).

Таблица

**Численность бактерий-спутников на поверхности бурых водорослей и биопленок *Nostoc commune***

Объект	Численность бактерий, КОЕ/г
<i>Nostoc commune</i>	5600±518
<i>Ascophyllum nodosum</i>	7667±577
<i>Fucus vesiculosus</i>	4940±493
<i>Laminaria digitata</i>	1917±240

Сравнение численности бактерий в гербарных биопленках *N. commune* и в свежесобранных образцах показывает, что в процессе хранения происходит очень резкое снижение этого показателя: с 5 млн. до 5600 КОЕ/г. Среди

выросших колоний, как и в случае выделения МО с поверхности бурых водорослей, бóльшая часть также относится к р. *Bacillus*. Перспективы биотехнологического использования биопленок *N. commune* чрезвычайно велики, так как в серии исследований доказана их способность к активной биосорбции тяжелых металлов, что важно для осуществления биоремедиации загрязненных почв. Биосорбционная активность *N. commune* сопровождается возможностью использования их в процессах биоиндикации на загрязнение почвы различными поллютантами [6]. Способность этих биопленок вегетировать в загрязненных почвах тесно связана с наличием сопутствующей микрофлоры, в том числе и бацилл.

Проведение данного опыта показало относительную нестойкость грибного компонента альгопланы и биопленок. Полное отсутствие микромицетов зафиксировано в варианте с ламинарией. Численность грибов на поверхности фукуса, аскофиллума и биопленок *N. commune* составляет менее 300 КОЕ/г.

Таким образом, проведенные исследования показали, что гербарные образцы бурых водорослей и ЦБ являются источником для оживления бактерий и грибов, сохранившихся в течение многих лет (от 60 до 90). Выделение подобных МО в чистую культуру и тестирование их адаптационных возможностей на другие стрессовые факторы среды, помимо высушивания, может представлять определенный интерес как в биомониторинговом, так и в биотехнологическом аспектах.

*Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.*

#### Литература

1. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.
2. Сиренко Л. А., Козицкая В. Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. Киев: Наук. думка, 1988. 256 с.
3. Goecke F., Labes A., Wiese J., Imhoff J.F. Chemical interactions between marine macroalgae and bacteria // Marine ecology progress series. 2010. V. 409. P. 267–300.
4. Martin M., Portetelle D., Michel G., Vanderbot M. Microorganisms living on macroalgae: diversity, interactions, and biotechnological application // Applied Microbiology and Biotechnology. 2014. V. 98. P. 2917–2935.
5. Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Пегушина О. А., Фокина А. И. Биопленки *Nostoc commune* – особая микробная сфера // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 1. С. 15–19.
6. Домрачева Л. И., Фокина А. И., Огородникова С. Ю., Зыкова Ю. Н., Кондакова Л. В. Адаптационные реакции микроорганизмов на стрессовые воздействия // Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2012. С. 180–231.

## ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ ПУТЕМ ТОРФОВАНИЯ И ЗЕМЛЕВАНИЯ

*Е. Е. Гаевский, Т. В. Казей*

*Белорусский государственный университет,  
Минск, Республика Беларусь, gaevski@rambler.ru*

Плодородие почвы и его рациональное использование в сельскохозяйственном производстве во многом определяются интенсивностью и направленностью биохимической деятельности микроорганизмов. Они определяют скорость трансформации различных соединений, разложения растительных остатков, накопление элементов питания растений и в конечном итоге плодородие почвы.

Целлюлозоразрушающая способность почвы – широко принятый показатель биологической активности, характерен для почв с низким и средним содержанием гумуса [1, 2].

Показателем общей биологической активности непосредственно в природе является деятельность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, определяемая степенью распада и убыли сухой массы льняной ткани, выдержанной в почве некоторый период времени. Написано колоссальное число работ и исследований, которые подтверждают большую роль органического вещества в усилении биологической активности почв, в том числе навоза, компостов, сидератов, травяного пласта, растительных остатков и др. [2–7].

Почвенные микроорганизмы играют важную роль, связанную с организацией различных циклов элементов (С, N, P и др.), а также влияют на процессы формирования качества почвы и на её состояние. Это позволяет многократно использовать ограниченное количество каждого ресурса.

Исследования проводились на кукурузном поле в агрогородке Переседы Борисовского района Минской области. С целью оптимизации этой почвы вносился легкий суглинок в дозах 100, 200, 300 и 400 т/га, а также торфо-навозный компост в дозе 200 т/га (соотношение навоза к торфу 1:1).

Схема полевого опыта включала 5 вариантов:

1. Контроль (фон).
2. Фон + 200 т/га компоста + 100 т/га суглинка.
3. Фон + 200 т/га компоста + 200 т/га суглинка.
4. Фон + 200 т/га компоста + 300 т/га суглинка.
5. Фон + 200 т/га компоста + 400 т/га суглинка.

Суглинок вносили с целью повышения содержания физической глины в почве и закрепления органического вещества в пахотном горизонте. Торфо-навозный компост применяли не только с целью повышения содержания органического вещества в почве, но и для активизации деятельности почвенной микробиоты.

Изучение биологической активности оптимизированной дерново-подзолистой песчаной почвы проводилось методом аппликаций по методике Востровой и Петровой [8–10]. В почву на глубину 50 см в вертикальном положении закладывались стеклянные пластинки размером 5–50 см, обернутые льняной тканью, предварительно взвешенной.

Через определенное время (экспозиция 30 дней) пластинки осторожно выкапывали, с них осторожно смывались частички почвы, ткань просушивали и повторно взвешивали. По разности веса ткани до и после экспозиции определялась интенсивность жизнедеятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Поскольку микроорганизмы способны фиксировать азот из атмосферы, используя в качестве единственного источника углеродного питания целлюлозу. Эти микроорганизмы, осуществляя разложение целлюлозы растительных остатков, способны обогащать почву азотом.

В ходе исследования самая высокая активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов обнаруживается под пропашной культурой (кукурузой). От фона к варианту с максимальной дозой суглинка образовался следующий ряд степени разложения клетчатки от контроля до варианта с внесением 200 т/га компоста + 400 т/га суглинка: 33,9; 48,7; 55,8; 58,8; 55,3%. Здесь и далее по тексту приведены средние значения по вариантам (табл.).

Таблица

**Интенсивность разложения клетчатки  
в оптимизированной дерново-подзолистой песчаной почве  
в зависимости от глубины профиля (кукуруза, 2017 г.)**

Вариант	Вес ткани до экспозиции, г	Вес ткани после экспозиции, г	Степень разложения ткани	
			г	%
На глубине 0–50 см				
Контроль (фон)	33,07	23,20	9,87	29,84
	32,85	17,45	15,4	46,87
	32,73	24,55	8,18	24,99
Фон + 200 т/га компоста + 100 т/га суглинка	32,57	11,68	20,89	64,14
	32,03	14,99	17,04	53,20
	33,12	23,59	9,53	28,77
Фон + 200 т/га компоста + 200 т/га суглинка	32,86	11,27	21,59	65,70
	33,23	16,32	16,91	50,88
	33,06	16,17	16,89	51,08
Фон + 200 т/га компоста + 300 т/га суглинка	33,92	11,70	22,22	65,50
	32,64	8,35	24,29	74,42
	32,56	20,67	11,89	36,52
Фон + 200 т/га компоста + 400 т/га суглинка	33,30	16,22	17,08	51,29
	33,31	15,59	17,72	53,19
	33,97	13,09	20,88	61,46

Максимальная степень разложения ткани достигло (58,8%) на варианте, где применялся суглинок в дозе 300 т/га. Это можно объяснить тем, что с увеличением доз минеральных и органических добавок активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов существенно возрастает. Поскольку куку-



руза является пропашной культурой, то требует многократной обработки почвы. В результате этого достигается равномерное перемешивание органических и минеральных компонентов почвы и происходит оптимизация ее воздушного режима.

Таким образом, биологическая активность дерново-подзолистой песчаной почвы под действием землевания и торфования существенно возрастает, что является важным фактором повышения ее плодородия.

### Литература

1. Андреев Е. И. Почвенные микроорганизмы и интенсивное землепользование. Киев: Наук. думка, 1988. 192 с.
2. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. Л., Зенова Г. М. Биология почв: учебник. М.: МГУ, 2005. 445 с.
3. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, 1980. 222 с.
4. Малышев Ф. А. Мелиорация легких почв суспензией торфа. Мн., 1989. 160 с.
5. Куликов Я. К. Почвенно-экологические основы оптимизации сельскохозяйственных угодий Беларуси. Мн., 2000. 280 с.
6. Минеев В. Г. Агрохимия: учебник. М.: Изд-во МГУ, 2006. 720 с.
7. Гаевский Е. Е., Куликов Я. К. Влияние окультуривания дерново-подзолистой песчаной почвы на ее микробиологическое разнообразие и биологическую активность // Экологический вестник. 2016. № 2 (36). С. 17–25.
8. Колешко О. И. Экология микроорганизмов почвы. Минск: БГУ, 1981. 168 с.
9. Нетрусов А. И. Практикум по микробиологии. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
10. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев [и др.]; под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ПРЕПАРАТА «РИЗОВЕРМ» НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮПИНА БЕЛОГО

*А. А. Калинин, А. Л. Ковина, Л. В. Трефилова*  
*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*  
*nm-flora@rambler.ru*

С целью увеличения биологической продуктивности бобовых растений используют давно доказавший свою эффективность прием – инокуляцию семян биопрепаратами, содержащими клубеньковые бактерии (КБ) для образования эффективного симбиоза. Производимые на основе КБ промышленные микробные препараты широко используются для получения гарантированных урожаев бобовых культур без увеличения экологического риска и при минимальных затратах на их внесение. Среди препаратов, используемых в России, наряду с препаратами КБ с торфяным наполнителем, в продаже появляются и препараты на различных твердых, жидких и полужидких питательных и голдных средах.

Коллективом сотрудников кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА совместно с Санкт-

Петербуржским Государственным аграрным университетом разработана новая технологичная форма биопрепарата «Ризоверм» на основе КБ [1]. Препарат содержит активные жизнеспособные бактерии из рода *Rhizobium*, титр которых до конца срока годности остается на уровне –  $3 \cdot 10^6$  кл./мл. «Ризоверм», изготовленный на специальной питательной бобовой среде с добавлением агар-агара, прошел лабораторные, вегетационные и полевые испытания на бобовых [2, 3]. Неоднократно была показана его эффективность не только в первый год вегетации, но и пролонгированное действие на растения в последующий период [4].

Тем не менее, мы продолжаем работу по совершенствованию формы препарата, а также ежегодно проверяем эффективность его действия в полевых экспериментах на всех возделываемых на территории Российской Федерации бобовых культурах совместно с производителями и учеными из других регионов РФ.

Цель работы: изучить влияние предпосевной обработки семян биопрепаратом «Ризоверм» на формирование биомассы люпина белого.

Объекты и методы. Эффективность действия препарата «Ризоверм» анализировали на люпине белом (*Lupinus albus*) в условиях Брянской области на базе ФГБНУ Всероссийского НИИ люпина под руководством Л.И. Пимовой и Ж.В. Царапневой.

Перспективность выращивания люпина связана с тем, что все возделываемые виды люпина являются высокобелковыми культурами [5]. По содержанию белка люпин белый занимает промежуточное положение между узколиственными и желтыми люпинами. В зависимости от вида и сорта содержание белка в семенах колеблется от 32 до 46% и от 18 до 23% в сухом веществе зеленой массы. Являясь азотфиксирующей культурой и обладая высокой усвояющей способностью корневой системы, люпин использует труднорастворимые и мало доступные минеральные соединения почвы. Эта культура является стабилизатором почвенного плодородия и относится к числу лучших предшественников для зерновых культур [6].

В работе использовали люпин белый сорта «Дега» селекции ФГБНУ Всероссийский НИИ люпина. Сорт скороспелый, обладает быстрым темпом роста всходов, устойчив к полеганию, высота растений 80–90 см. Длина вегетационного периода в среднем составляет 120 дней. Отличается высоким потенциалом продуктивности. Максимальная урожайность зерна достигает 54 ц/га, а зеленой массы 1073 ц/га.

Сорт «Дега» технологичен, устойчив к растрескиванию бобов и осыпанию семян на корню, не боится перестоя в отличие от других бобовых культур. Характеризуется высокой устойчивостью к фузариозу.

Семена люпина против болезней протравливали препаратом витарос в дозе 2 л/т за 30 суток до их посева, а в день посева обрабатывали их бактериальными препаратом «Ризоверм» на основе *Rhizobium lupini* Eckhardt et al. Контролем служили семена, протравленные только препаратом витарос.

Оценку эффективности симбиотической азотфиксации определяли стандартными методами: по накоплению сухого вещества, содержанию общего азота, коэффициенту азотфиксации, урожайности семян и сбору сырого белка [7].

Анализ накопления сухого вещества и общего азота растениями люпина по фазам вегетации показал, что наибольшие показатели были в варианте, где инокуляцию семян проводили препаратом «Ризоверм», так по сравнению с контрольным вариантом накопление сухого вещества в надземной части в фазу бутонизации увеличилось на 13,4%, что составляет 1,9 ц/га, в фазу цветения – на 28,7% что составляет 7,2 ц/га, в фазу блестящий боб – 22,4% что составляет 22,7 ц/га, а общего азота на 24,3% (рис.). Предпосевная бактериализация семян привела к увеличению накопления сухого вещества корневой системой по сравнению с контролем на 11,15%; на 11,48% и на 10,75% в зависимости от фазы вегетации.

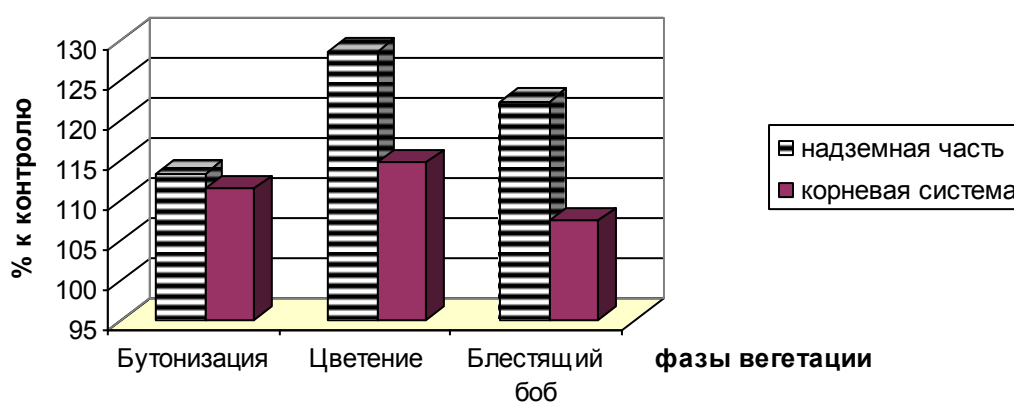


Рис. Влияние бактериализации семян люпина белого биопрепаратом «Ризоверм» на накопление сухого вещества

Бактериализация семян люпина перед посевом оказала влияние и на увеличение общего азота, содержание которого менялось в зависимости от фазы развития растений. При бактериализации семян этот показатель был выше контроля в фазе бутонизации для надземной части на 11,04%, для корневой системы – на 10,86%, для клубеньков – на 13,62%. В фазе цветения предпосевная инокуляция семян также способствовала увеличению содержания общего азота по сравнению с контролем на 12,44% для надземной части, на 13,67% для корневой системы, на 13,44% для клубеньков. В фазе блестящий боб содержание общего азота по сравнению с контролем увеличилось на 12,43% в надземной части, на 12,14 в корневой системе и на 15,63% в клубеньках (табл. 1)

Инокуляция семян биопрепаратом «Ризоверм» оказала влияние на накопление азота, по сравнению с контролем этот показатель увеличивался по фазам вегетации: на 4,7 кг/га в фазу бутонизации, на 17,7 кг/га в фазу цветения, на 93,4 кг/га в фазу блестящий боб. Также было отмечено увеличение коэффициента симбиотической азотфиксации в фазу бутонизации на 6,3%,

цветения – на 11,2%, в фазу блестящий боб коэффициент повысился на 4,3% (табл. 2).

Таблица 1

**Влияние инокуляции семян люпина белого на накопление азота в надземной части, корневой системе и клубеньках (кг/га)**

Варианты опыта	Фазы развития растений люпина								
	Бутонизация			Цветение			Блестящий боб		
	надземная часть	корневая система	клубеньки	надземная часть	корневая система	клубеньки	надземная часть	корневая система	клубеньки
Контроль (без обработки)	38,77±0,14	2,78±0,09	1,02±0,01	60,74±0,91	4,85±0,09	3,26±0,10	270,22±3,11	8,64±0,18	4,69±0,07
Инокуляция семян препаратом «Ризоверм»	42,83±0,11	3,02±0,04	1,39±0,03	75,58±1,16	6,63±0,01	4,38±0,05	335,77±3,81	10,49±0,17	7,33±0,10

Таблица 2

**Влияние инокуляции семян люпина белого на размеры и коэффициент симбиотической азотфиксации атмосферного азота**

Вариант			Контроль (без обработки)	Инокуляция семян биопрепаратом «Ризоверм»
Фаза вегетации	бутонизация	всего накоплено азота, кг/га	42,6±3,01	47,3±0,91
		коэффициент азотфиксации, %	35,9	42,2
	цветение	всего накоплено азота, кг/га	68,9±1,80	86,6±1,16
		коэффициент азотфиксации, %	45,3	56,5
	блестящий боб	всего накоплено азота, кг/га	259,3±0,81	353,6±5,70
		коэффициент азотфиксации, %	83,8	88,1

Урожай семян в варианте с бактеризацией был выше на 12,97% по сравнению с контролем. Таким образом, прибавка урожая семян люпина составила 5,88 ц/га. Количество сырого белка в варианте с бактеризацией семян увеличилось на 12,97% по сравнению с контролем, что составило прибавку 20,4 ц/га.

Таблица 3

**Влияние предпосевной бактеризации семян люпина белого на урожай семян и сбор сырого белка**

Вариант	Урожай семян, ц/га	+/- по отношению к контролю	Сбор сырого белка, ц/га
Контроль (без обработки)	19,80±0,07	0	68,7±1,09
Инокуляция семян препаратом «Ризоверм»	25,68±0,91	+ 5,88	89,1±1,81

Исследования показали, что несмотря на наличие в почве Брянской области большого количества аборигенных клубеньковых бактерий [8], инокуляция семян люпина бактериальным препаратом «Ризоверм» была эффективна. Известно, что на активность почвенных клубеньковых бактерий влияет целый ряд факторов, в том числе почвенно-климатические условия (структура почвы, органическое вещество, кислотность, влажность, температура), макро- и микроэлементы и почвенная биота. Поэтому дополнительное внесение клубеньковых бактерий с семенами приводит к увеличению количества клубеньков на корнях, что значительно повышает продуктивность бобовых растений даже при наличии в почве большого количества спонтанных клубеньковых бактерий.

Таким образом, в результате наших исследований доказана эффективность применения биопрепарата «Ризоверм» для предпосевной обработки семян люпина белого. Благодаря инокуляции семян увеличивается продуктивность и накопление белка растениями, что явно свидетельствует об увеличении азотфиксирующей способности бобовых растений.

#### Литература

1. Калинин А. А., Давидюк Д. С., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Использование цианобактерий для усиления эффекта нитрогенизации бобовых культур // Перспективы использования новых форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур. Материалы 7-ой конф. «Анапа 2012» Москва Анапа, 2012. С. 65–67.
2. Калинин А. А., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Разработка и оптимизация биопрепаратов на основе клубеньковых бактерий // Актуальные вопросы аграрной науки: теория и практика: Материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию агрономического факультета. Киров: Вятская ГСХА, 2014. С. 75–79.
3. Калинин А. А., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Усиление эффекта нитрагенизации бобовых культур // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Материалы II Междунар. конф., Киров: Вятская ГСХА, 2015. С. 146–150.
4. Калинин А. А., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Пролонгированное действие биопрепарата «Ризоверм» на производственных посевах козлятника восточного // Актуальные проблемы селекции и технологии возделывания полевых культур: Материалы II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук, профессора, засл. деят. науки РФ С. Ф. Тихвинского: Сб. науч. тр. Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2017. С. 57–60.
5. Пимохова Л. И., Царапнева Ж. В. Инокуляция, протравливание семян люпина и эффективность азотфиксации // Агрэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Материалы 13-й Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2 Брянск: ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет», 2016. С. 329–332.
6. Наумкин В. Н., Наумкина Л. А., Муравьев А. А., Куренская О. Ю. Урожайность и белковая продуктивность люпина белого в зависимости от инокуляции семян // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения: Материалы междунар. науч.-произв. конф. Белгород: Изд-во БелГСХА им. В. Я. Горина, 2012. Ч. 2. С. 53–58.
7. Посыпанов Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. М.: Агропромиздат, 1991. 300 с.

8. Артюхов А. И. Люпин в адаптивной интенсификации растениеводства // 20 лет ВНИИ люпина: Сб. науч. трудов ВНИИ люпина. Брянск: ЗАО «Изд-во Читай-город», 2007. С. 10–15.

## **КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АЛЬГОФЛОРЫ ЛУГОВЫХ И ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА «МАРАДЫКОВСКИЙ»**

*К. А. Безденежных<sup>1</sup>, Л. В. Кондакова<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, karina.bezdenezhnykh@mail.ru,*

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, usr11521@vyatsu.ru*

Исследованиями многих авторов показана высокая биоиндикационная роль почвенных водорослей и цианобактерий (ЦБ) в экологической оценке состояния почвенной среды [1–6]. Установлено, что под влиянием техногенной нагрузки происходит изменение видового состава микрофототрофов, видов – доминантов, количественных характеристик альгофлоры [1, 2, 7, 8]. Численность водорослей является весьма лабильным показателем и зависит от целого ряда факторов, в частности, от водного и солевого режима почв, от типа наземной растительности, агротехники. Для почв лесной зоны численность клеток водорослей и ЦБ выражается числами от нескольких десятков тысяч клеток в 1 г почвы до нескольких сотен [7].

Цель работы: изучение количественных характеристик почвенной альгофлоры различных типов фитоценозов в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия (ОУХО) «Марадыковский».

В 2016–2017 гг. в лесных и луговых фитоценозах системы комплексного экологического мониторинга в районе объекта «Марадыковский» были отобраны почвенные образцы для альгологических исследований. Численность клеток определяли прямым микроскопированием на мазках [4].

Согласно литературным данным, в почвах различных лесных фитоценозов численность водорослей обычно не превышает 70 тыс. клеток на 1 г воздушно-сухой почвы, в лесной подстилке – достигает 615 тыс. [7]. Численность водорослей пашен, лугов, лиственных лесов значительно выше и может достигать до 35 млн. клеток на 1 г почвы [1, 7].

В почвах луговых участков мониторинга в районе объекта «Марадыковский» общая численность почвенных водорослей и ЦБ в 2016 г. варьировала в пределах от 233,4 до 385,0 тыс. клеток/г почвы (табл. 1). Наименьшая численность водорослей была отмечена на участке пойменного луга № 66; наибольшим показателем численности характеризовался участок пойменного луга № 79. По численности как на суходольных, так и на пойменных лугах преобладали зелёные водоросли, их численность варьировала в пределах от 133,3 до 210,9 тыс. кл./г почвы. Численность диатомовых водорослей составляла от 47,8 – 156,8 тыс. кл./г почвы; цианобактерий – 1,9–56,4 тыс. кл./г почвы.

В 2017 г. общая численность микрофототрофов колебалась в широких пределах: от 71,6 до 447,1 тыс. кл./ г почвы. Наибольшая численность клеток отмечена в почвах на участках пойменных лугов (№ 66 и 79) – 447, 1–427,6 тыс. кл./ г почвы соответственно; наименьшая численность отмечена на участке суходольного луга (№ 41) – 71,6 тыс. кл./г почвы.

Таблица 1

**Численность водорослей и цианобактерий в почвах луговых Фитоценозов в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский», тыс. кл./ г. почвы**

№ пробного участка	Cyanobacteria		Chlorophyta + Ochrophyta		Bacillariophyta		Всего		
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	
Суходольные луга	10	16,4± 3,0	4,4±2,1	158,2± 10,7	172,3± 6,7	61,1± 3,0	14,2± 4,0	235,7± 16,7	109,9± 12,8
	35	15,4± 0,6	4,4±2,1	196,6± 13,4	58,3± 5,3	47,8± 3,4	23±3,6	259,7± 17,4	85,7± 11,0
	41	1,9±0,1	3,2±2,2	207,7± 5,2	59,6± 8,3	85,6± 5,0	8,8±2,6	295,1± 10,3	71,6± 13,1
	57	7,6±1,3	6,3±3,1	133,3± 4,4	178,5± 8,6	156,8± 7,9	40,7± 3,8	297,7± 13,6	225,5± 15,5
	60	37,9± 3,6	7,2±2,5	257,7± 8,0	90,8± 4,9	89,4± 3,9	6,5±2,5	385,0± 15,5	104,5± 9,9
	103	56,4± 4,2	31,8± 4,9	205,2± 8,6	213,5± 13,3	113,5± 10,7	3,5±2,8	375,0± 23,5	248,8± 21,0
	111	24,1± 3,1	4,7±2,8	201,2± 3,3	121,7± 8,2	146,5± 9,4	5,7±2,0	371,8± 15,8	132,1± 13,0
Пойменные	54	16,2± 2,3	10,44± 2,8	307,2± 10,7	213,5± 13,3	51,9± 3,3	27,5± 11,0	375,4± 16,3	251,4± 27,1
	66	10,8± 1,4	9,8±2,5	144,1± 4,9	268,6± 17,1	78,6± 5,4	168,7± 18,6	233,4± 11,7	447,1± 37,9
	79	22,6± 2,4	19,9± 4,7	210,9± 1,2	305,9± 16,0	145,6± 8,6	101,8± 9,7	379,1± 12,2	427,6± 30,4

В 2017 г. численность почвенных водорослей и цианобактерий на большинстве луговых участков снизилась. Это, возможно, связано с более мощным развитием травостоя на лугах в летний период более влажного 2017 г.

Таблица 2

**Численность водорослей и цианобактерий в лесных фитоценозах  
в районе ОУХО «Марадыковский», тыс. кл./ г. почвы**

№ проб-ного участка	Cyanobacteria		Chlorophyta + Ochrophyta		Bacillariophyta		Всего		
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	
Сосновые леса	4	8,8± 1,3	2,5± 1,9	70,0±5,6	155,8± 5,6	75,4±7,3	44,5± 6,2	154,2± 14,2	202,8± 13,7
	9	12,6± 2,9	–	53,3±5,6	–	30,0±6,8	–	209,3± 15,3	–
	18	1,9±0, 4	4,7± 2,0	41,6±5,1	94,3±8,0	15,8±3,2	22,1± 4,9	59,3±8,7	121,1± 14,9
	19	3,2± 0,7	1,6± 1,5	41,3±5,5	78,5±7,5	18,3±3,2	13,6± 3,4	62,8±9,4	93,7± 12,4
	25	18,9± 3,8	–	53,9±5,3	–	18,6±3,2	–	91,4± 12,3	–
	28	12,3± 2,8	–	52,0±4,5	–	21,1±4,7	–	85,4± 12,0	–
	30	9,1± 1,1	–	43,2±5,3	–	16,4±4,7	–	68,7± 11,1	–
	34	12,9± 3,8	3,4± 1,8	96,2±7,4	89,5±7,7	15,5±4,0	12,3± 2,8	124,6± 15,2	105,2± 12,3
	46	8,8± 1,6	2,8± 1,4	84,2±8,6	78,2±8,2	26,8±4,3	12,6± 2,5	119,8± 14,5	93,6± 12,1
	47	12,0± 2,8	5,4± 1,7	82,3±6,0	73,8±5,3	23,3±3,1	15,5± 3,9	117,6± 11,9	94,7± 10,9
	65	14,5± 2,2	7,3± 2,5	87,3±8,7	167,4± 6,4	62,4±8,9	26,5± 4,5	164,2± 19,8	201,2± 13,4
	112	24,3± 2,5	9,5± 2,8	150,7± 12,6	263,3± 8,9	49,2±6,2	7,7±3,8	224,2± 21,3	280,5± 15,6
	157	13,9± 2,2	–	204,0± 8,8	–	25,2±3,6	–	243,1± 14,6	–
Еловые леса	13	2,2± 0,2	2,5± 1,7	55,5±4,5	131,2± 8,8	27,4±2,5	67,2± 6,3	85,1±7,2	200,9± 16,8
	17	8,1± 1,2	8,8± 5,6	95,9±9,3	26,0±8,7	61,5±5,9	43,8± 4,9	165,5± 16,4	78,6± 19,2
	36	1,9± 0,4	5,7± 2,0	89,5±8,3	65,9±8,0	66,2±8,5	17,7± 3,7	157,6± 17,2	89,3± 13,7
	55	3,2± 0,2	5,4± 2,2	93,6±7,8	101,2± 7,2	48,6±4,6	14,5± 3,3	145,4± 12,6	121,1± 12,7
	59	4,4± 0,5	6,0± 3,6	86,1±5,7	213,8± 16,2	77,9±8,4	40,7± 4,9	168,4± 14,6	260,5± 24,7

*Примечание «–» данные отсутствуют*

На участках мониторинга лесных фитоценозов общая численность почвенных водорослей и ЦБ в 2016 г. варьировала от 59,3 до 243,1 тыс. кл./г почвы (табл. 2). Наименьшая численность водорослей была отмечена на участке соснового леса № 18 – 59,3 тыс. кл./ г почвы, который расположен в непо-



средственной близости от объекта, на расстоянии 1,5 км. Более высокая численность водорослей отмечена на контрольных участках № 112 и участке № 157–224,2 и 243,1 тыс. кл./ г почвы соответственно. В 2017 г. наибольшая численность водорослей также была отмечена на участке № 112 – 280,5 тыс. кл./г почвы. В лесных фитоценозах, как и в луговых, по численности клеток преобладали зелёные водоросли. В еловых лесах, по сравнению с сосновыми, численность диатомовых водорослей была выше, численность цианобактерий оказалась выше в сосновых лесах. В целом, на большинстве участков мониторинга лесных фитоценозов численность почвенных водорослей в 2017 г. возросла в сравнении с 2016 г. При этом на ряде участков, с активным развитием травостоя отмечено снижение общей численности водорослей и цианобактерий.

Таким образом, количественные показатели альгофлоры изученных лесных фитоценозов в районе объекта «Марадыковский» составляют от 59,3 до 280,5 тысяч клеток на 1 г воздушно-сухой почвы. Доминантами альгосинузий являются зелёные водоросли. Их численность колеблется от 41,3 до 263,3 тыс. кл./ г почвы. В луговых фитоценозах численность клеток составляет от 71,6 до 447,1 тыс. кл./ г почвы. В луговых фитоценозах также доминируют зелёные водоросли, их численность варьирует от 58,3 до 307,2 тыс. кл./г почвы, в почвах пойменных лугов наряду с преобладанием зелёных водорослей велика численность диатомовых водорослей.

*Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.*

#### Литература

1. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.
2. Штина Э. А., Зенова Г. М., Манучарова Н. А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1449–1461.
3. Кабиров Р. Р., Шилова Н. И. Почвенные водоросли свалок и полигонов твердых бытовых и промышленных отходов в условиях крупного промышленного города // Экология. 1990. № 5. С. 10–18.
4. Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
5. Дубовик И. Е. Водоросли эродированных почв и альгологическая оценка почвозащитных мероприятий. Уфа: Изд-во Башк. ун-та, 1995. 156 с.
6. Кондакова Л. В. Альго-цианобактериальная флора и особенности ее развития в антропогенно нарушенных почвах (на примере почв южной тайги Европейской части России): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2012. 34 с.
7. Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.
8. Гузев В. С., Левин С. В. Перспективы эколого-микробиологической экспертизы состояния почв при антропогенных воздействиях // Почвоведение. 1991. № 9. С 50–62.

## ДИНАМИКА ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ АЛЬГОФЛОРЫ ПОЙМЕННОГО ВОДОЕМА

*Л. В. Кондакова<sup>1,2</sup>, Е. В. Дабах<sup>1,2,3</sup>, Г. Я. Кантор<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com,*

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

<sup>3</sup> *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

Фитопланктон – основной продуцент органического вещества в водоемах, за счет которого существуют водные гетеротрофные животные и некоторые бактерии. В водах умеренного климата проявляется сезонность развития планктона. Некоторые организмы планктона служат индикаторами степени загрязненности водоема [1]. В поймах крупных рек одним из возможных факторов изменения видового разнообразия альгофлоры пойменных озер является весенний паводок, особенно это касается загрязненных водоемов. Во время паводка в зависимости от его интенсивности смывается слой разной мощности, вплоть до полного обновления воды в водоеме, существенно меняется состав воды. В связи с этим влияние паводка на альгофлору заключается в изменении ее состава вследствие выноса и возможного приноса видов.

Цель наших исследований – выявить возможное влияние весеннего паводка на видовое разнообразие и состав альгофлоры пойменного озера на техногенной территории.

В пойменном озере Березовом в долине р. Вятки в районе г. Кирово-Чепецка изучался состав альгофлоры. Пробы воды в течение 3-х лет отбирались с 3-х глубин в одно и то же время. Для изучения фитопланктона использовали метод отстаивания: 0,5 литра пробы воды из водоёма 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.

Уровень воды, до которого промывался водоем после паводка, представлен на рисунке. Полностью озеро было промыто во время весеннего паводка 2016 года, и совсем незначительно – в 2017 г. В послепаводковый период основным источником увеличения минерализации воды были загрязненные подземные воды. Уровень содержания солей во время отбора проб отражает показатель электропроводности (табл. 1). Интенсивный паводок 2016 г. обеспечил наиболее низкие показатели электропроводности воды во время отбора проб в августе 2016 г. Представленные результаты (табл. 2) подтверждают сделанный ранее вывод об отсутствии зависимости между видовым разнообразием альгофлоры и минерализацией воды, по крайней мере, в изученном диапазоне концентрации солей [1].

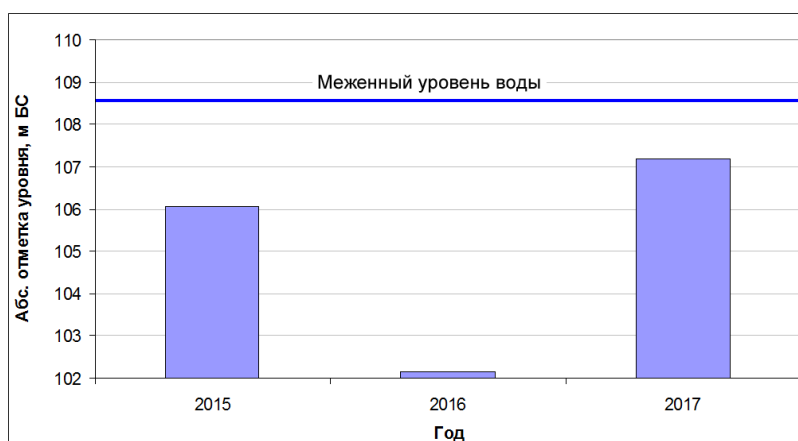


Рис. Глубина промывки озера в паводок

Таблица 1

**Электропроводность воды в отобранных пробах, мС/см**

Глубина отбора проб, м	2015 г.	2016 г.	2017 г.
0,05	2,37	0,55	0,72
3	16,28	0,98	1,18
6	23,60	13,22	28,70

Таблица 2

**Видовое разнообразие водорослей в водоеме в 2015–2017 гг.**

Глубина отбора проб	Количество видов		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.
0,05м	9	9	14
3 м	9	7	14
6 м.	13	8	11

Сравнительный анализ видового разнообразия показал, что в 2015 г. проявлялась тенденция возрастания видового разнообразия альгофлоры с глубиной. В 2016 г., после промывки водоема, количество видов в поверхностном и глубинных слоях практически выровнялось, в 2017 г. в глубинном слое водоема число видов микрфототрофов уменьшилось по сравнению с вышележащими слоями. Доминирующий состав водорослей поверхностного и глубинных слоев почти идентичный (табл. 3).

Таблица 3

**Доминирующие виды водорослей в 2017 г.**

Глубина, м	Доминирующие виды
0,05	<i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Lagerheimia ciliata</i>
3	<i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Lagerheimia ciliata</i>
6	<i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Lagerheimia ciliate</i> , <i>Asterionella formosa</i>

В составе альгофлоры озера абсолютно преобладали виды, относящиеся к отделу Chlorophyta (табл. 3). В 2017 г., в отличие от предыдущих сроков наблюдения, в пробах отсутствовали цианобактерии (Cyanobacteria). Цианобактерии – естественный компонент водных экосистем, и их отсутствие

или слабое развитие может быть обусловлено избытком азота в водной среде. В пробах воды единично отмечены представители эвгленовых водорослей (*Trachelomonas* sp.), относящихся к группе бета-мезасапробов.

Для сравнения видового разнообразия альгофлоры проб, отобранных с разных глубин, рассчитали коэффициенты Жаккара. В 2015 г. было отмечено умеренное сходство альгофлор в пробах из двух верхних слоев (63,6%), в 2016 г. коэффициент Жаккара был низким (около 30%), а в 2017 г. в пробах сравниваемых слоев он составил 40%. Можно предположить, что именно этот показатель в большей мере связан с характером паводка, так как после полного смыва воды в 2016 г. в развитии альгофлоры проявлялась отчетливая дифференциация по глубинам, в 2017 г. при минимальной интенсивности паводка состав альгофлоры по глубинам различался незначительно.

Таким образом, в планктоне пойменного водоема на техногенной территории доминируют мелкоклеточные зелёные водоросли, что является признаком эвтрофикации. Зелёные водоросли отзывчивы на высокое содержание азота. В 2017 г., несмотря на невысокий паводок, было выявлено большее число видов по сравнению с предыдущими годами наблюдений, кроме того было отмечено уменьшение видового разнообразия в придонной пробе. Возможное влияние паводка проявилось в сходстве альгофлор проб, отобранных с разных глубин. Наиболее резко отличался состав водорослей после полной промывки водоема в 2016 г., умеренное сходство альгофлор по всем глубинам проявлялось при минимальном смыве верхнего слоя воды в 2017 г.

*Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.*

#### Литература

1. Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Видовое разнообразие альгофлоры пойменных водоемов техногенного ландшафта // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров, 2017. С. 253–255.

### ЭФФЕКТЫ ЦИАНОБАКТЕРИИ *NOSTOC PALUDOSUM* И ГЕРБИЦИДА ГЛИФОСАТА НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ (МОДЕЛЬНЫЕ ОПЫТЫ)

**Ю. В. Чупрова<sup>1</sup>, Е. В. Коваль<sup>1</sup>, С. Ю. Огородникова<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Вятский государственный университет, undina2-10@yandex.ru

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, svetao\_05@mail.ru

Первое место в мире по производству среди гербицидов занимают препараты, в которых действующим веществом является N-(фосфонометил)-глицин. К ним относится глифосат – неселективный системный гербицид, применяемый для борьбы с сорными растениями, преимущественно многолетними. По данным производителей глифосат (ГЛ) в почве быстро разлагается, однако, есть сведения, что некоторое количество ГЛ способно долгое

время сохраняться в почве, растениях, плодах, рыбе и других продуктах питания [1, 2]. Кроме того, использование пестицидов в хозяйственной деятельности человека зачастую приводит к серьезным изменениям в составе и функционировании природных экосистем [3].

Препараты на основе N-(фосфонометил)-глицина относятся к 3 классу опасности для человека [4]. Глифосат очень быстро мигрирует по сосудистой системе растений и способен нанести им серьезные повреждения (хлорозы молодых листьев, торможение роста, изменение окраски (побурение, пожелтение), полегание стеблей). У многолетних растений, выживших после ошибочного опрыскивания, последствия обработки заметны спустя несколько лет [5].

В местах загрязнения почв ГЛ наиболее перспективным является направление фиторекультивации, которое направлено на повышение устойчивости растений к действию поллютанта. В сельском хозяйстве для повышения жизнеспособности растений в условиях стресса используются цианобактериальные препараты. Известно, что цианобактерии (ЦБ) *Nostoc muscorum*, *N. paludosum*, *N. linckia* проявляют устойчивость к действию тяжелых металлов [6], *N. commune* – к нефтепродуктам [7], а также повышают устойчивость ячменя к действию метилфосфоновой кислоты [8].

Цель работы – изучить действие ЦБ *N. paludosum* на жизнедеятельность растений ячменя в условиях загрязнения ГЛ.

Объектами исследования были семена ячменя сорта Новичок, 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 ( $5 \cdot 10^{-4}$  и  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л). Возраст культуры ЦБ – 6 недель, титр  $9,2 \cdot 10^7$  кл/мл.

Изучали влияние обработки семян ЦБ на функциональный статус растений, выращенных в присутствии ГЛ, по показателям: интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) в корнях и листьях, содержание пластидных пигментов и линейный рост.

Интенсивность процессов ПОЛ анализировали по цветной реакции тиобарбитуровой кислоты с малоновым диальдегидом (МДА), который образуется в процессе ПОЛ [9]. Содержание пластидных пигментов в листьях ячменя определяли в ацетоновой вытяжке на спектрофотометре «Specol-1300» (Германия) [10]. Определение антоциановых пигментов проводили по методике Д. А. Муравьевой [11]. Для определения линейного роста органов растений отбирали по 20 растений, измеряли длину побегов и корней.

Установлено, что ГЛ вызывал активацию процессов ПОЛ в корнях и листьях проростков ячменя. Листья оказались более чувствительны к действию ГЛ, чем корни. Глифосат в изученных концентрациях ( $5 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л), приводил к повышению накопления МДА в наземных органах, по сравнению с контролем, на 20% и 50% соответственно (рис. 1).

Обработка семян ЦБ приводила к снижению интенсивности процессов ПОЛ в листьях растений, содержание МДА было ниже, чем в контроле на 59%.

Обработка семян ЦБ оказывала протекторное действие на растения ячменя в условиях загрязнения ГЛ. В опытах с действием ГЛ инокуляция семян ЦБ вызывала снижение интенсивности процессов ПОЛ в листьях и корнях ячменя, по сравнению с растениями, которые не подвергались обработке ЦБ.

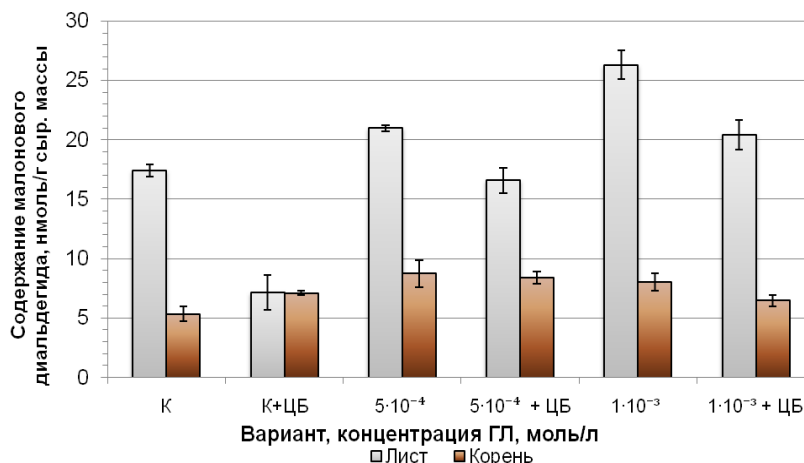
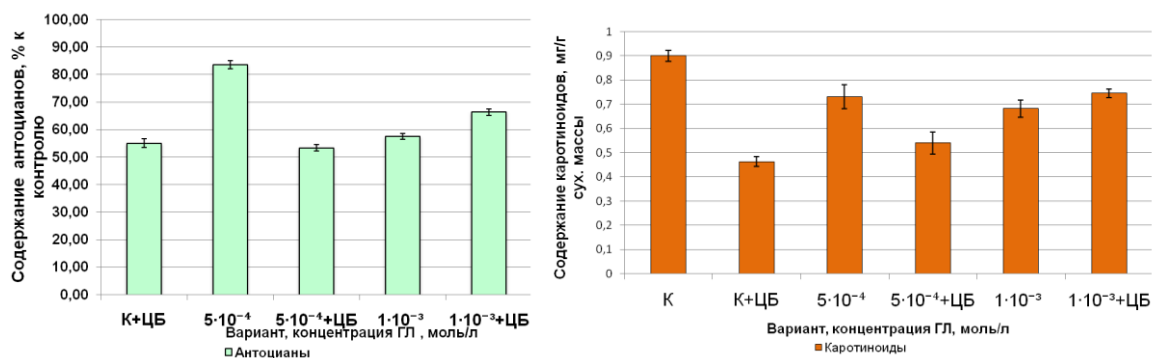


Рис. 1. Влияние глифосата и обработки семян цианобактерией *N. paludosum* на содержание малонового диальдегида в корнях и листьях ячменя

Известно, что каротиноиды и антоцианы входят в состав антиоксидантной системы клетки [12]. Было установлено, что содержание антоцианов и каротиноидов снижалось во всех вариантах, по сравнению с контролем (рис. 2). При действии ГЛ высокой концентрации ( $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л) отмечали снижение уровня антоцианов на 43% от контроля. Обработка семян ЦБ способствовала снижению содержания антоцианов и каротиноидов в листьях ячменя на 45% и 59% соответственно. Инокуляция семян ЦБ *N. paludosum* при действии ГЛ ( $5 \cdot 10^{-4}$  моль/л) усиливала отрицательный эффект ГЛ, что проявилось в большем снижении количества антоцианов и каротиноидов. В листьях растений, выращенных в присутствии ЦБ и ГЛ ( $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л), отмечали незначительный рост уровня каротиноидов, в сравнении с действием ГЛ.



а) Содержание антоцианов

б) Содержание каротиноидов

Рис. 2. Влияние глифосата и обработки семян цианобактерией *N. paludosum* на содержание антоцианов и каротиноидов в растениях ячменя

Изучено накопление зеленых пигментов – хлорофиллов в листьях ячменя. Выявлено, что присутствие в среде выращивания ГЛ приводило к снижению накопления хлорофиллов в листьях на 29% от контроля в варианте с низкой концентрацией ГЛ ( $5 \cdot 10^{-4}$  моль/л) и на 40% в варианте с высокой концентрацией ГЛ ( $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л) (табл.). Инокуляция семян ЦБ не оказывала протекторного действия на растения, которые выращивали в присутствии ГЛ. Напротив, растения, выращенные в присутствии ГЛ и ЦБ, отличались более низким содержанием хлорофилла.

Таблица

**Влияние глифосата и обработки семян цианобактерией *N. paludosum* на содержание хлорофиллов в листьях ячменя**

Вариант, концентрация ГЛ, моль/л	Содержание хлорофиллов, мг/г сух. м		
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>a+б</i>
Контроль (0)	6,48±0,44	2,55±0,36	9,03
Контроль (0)+ЦБ	5,67±0,82	2,98±0,58	8,65
ГЛ ( $5 \cdot 10^{-4}$ )	2,16±0,13*	0,50±0,13*	2,66
ГЛ ( $5 \cdot 10^{-4}$ )+ЦБ	1,80±0,14*	0,42±0,04*	2,22
ГЛ ( $1 \cdot 10^{-3}$ )	2,49±0,41*	1,75±0,34	4,24
ГЛ ( $1 \cdot 10^{-3}$ )+ЦБ	2,16±0,13*	0,72±0,12*	2,88

Примечание: \* – различия между контролем и опытом достоверны при  $P \leq 0,05$ .

Изменение ростовых показателей является одним из важных и наиболее легко регистрируемых проявлений токсичности веществ в отношении растений. Установлено, что ГЛ вызывал угнетение линейного роста проростков (рис. 3). Длина наземных органов ячменя при действии ГЛ была меньше на 42% по сравнению с контролем. Длина корней снижалась пропорционально росту концентрации ГЛ. Обработка семян ЦБ оказывала положительный эффект на рост корней растений, выращенных на субстрате, загрязненном ГЛ ( $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л).

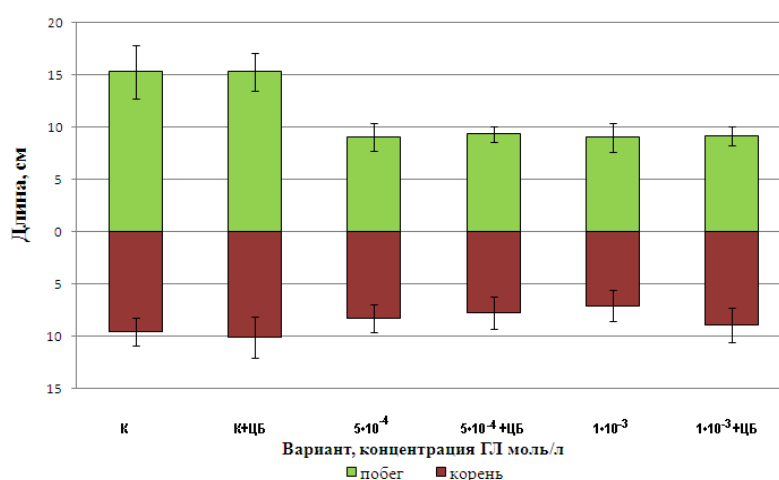


Рис. 3. Влияние глифосата и обработки семян цианобактерией *N. paludosum* на длину органов растений ячменя

Таким образом, установлено, что ГЛ в изучаемом диапазоне концентраций вызывал нарушение жизнедеятельности растений ячменя, при этом, ГЛ высокой концентрации в большей степени оказывал негативное действие на растения. Наблюдалось накопление продуктов процессов ПОЛ в корнях и листьях, снижение уровня пластидных и вакуолярных пигментов, а также угнетение роста органов ячменя. Цианобактериальная обработка семян не оказала положительного эффекта на растения при выращивании их в чистой среде. Однако инокуляция семян ЦБ частично уменьшала фитотоксическое действие ГЛ высокой концентрации ( $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л). В варианте с действием ГЛ ( $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л) и обработкой семян ЦБ отмечали снижение интенсивности процессов ПОЛ в клетках и рост корней ячменя, по сравнению с растениями, которые не обрабатывали ЦБ.

Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.

### Литература

1. Федтке К. Биохимия и физиология действия гербицидов. М.: 1985. 223 с.
2. Шутов И. В., Бельков В. П. Применение гербицидов и арборицидов в лесовыращивании. Справочник. М.: Агропромиздат, 1989. 223 с.
3. Пестициды в экосистемах: проблемы и перспективы. Серия «Экология». Вып. 33. 1994. 142 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. Огородникова С. Ю. Влияние фосфоорганических ксенобиотиков-метилфосфонатов на жизнедеятельность растений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2004. 18 с.
6. 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.
7. Киреева Н. А., Кузяхметов Г. Г., Мифтахова А. М., Водопьянов В. В. Фитотоксичность антропогенно загрязнённых почв. Уфа: Гилем, 2003. 266 с.
8. 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.
9. Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.
10. Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154–171.
11. Муравьева Д. А., Бубенчикова В. Н., Беликов В. В. Спектрофотометрическое определение суммы антоцианов в цветках василька синего // Фармация. 1987. № 5. С. 28–29.
12. Полесская О. Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М: КДУ, 2007. 140 с.



## ОПЫТ СОВМЕСТНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ГРИБА *HERICIUM ERINACEUS* И ЦИАНОБАКТЕРИЙ

А. А. Широких<sup>1,2</sup>, Л. И. Домрачева<sup>3,4</sup>, И. Г. Широких<sup>1,2,3</sup>,  
Л. В. Трефилова<sup>4</sup>, А. Л. Ковина<sup>4</sup>, Ю. Н. Зыкова<sup>4</sup>, К. А. Широкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральний аграрный научный центр  
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,

<sup>2</sup> Вятский государственный университет,

<sup>3</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

<sup>4</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия

*Hericium erinaceus* (Bull.) Pers (ежевик гребенчатый, гериций, львиная грива) в последние десятилетия стал одним из лидеров искусственного выращивания грибов для нужд биотехнологического производства, являясь перспективным природным источником веществ пищевого и медико-биологического назначения. Фармакологические качества этого гриба подтверждаются многолетним успешным использованием его в традиционной китайской медицине. Герициум способен оказывать противоопухолевое, иммуностимулирующее, антигериатрическое воздействие. У данного гриба обнаружены метаболиты, способные стимулировать образование нейротрофинов, являющиеся фактором роста нервов и нейротрофического фактора головного мозга [1, 2]. Поэтому чрезвычайно актуальными являются вопросы, связанные с совершенствованием методов культивирования и подбором оптимальных питательных сред для получения максимального количества грибной биомассы [2, 3].

Одним из направлений повышения продуктивности грибов при их искусственном выращивании является получение ассоциаций грибов с микроорганизмами, поскольку в природе при недостатке питательных веществ они способны использовать трофические связи с бактериями, водорослями, дрожжами. Так, имеются примеры успешного культивирования некоторых видов грибов р. *Pleurotus* с эпифитными дрожжами и цианобактериями [4, 5].

Цель данной работы – изучение влияния трех видов цианобактерий на вегетативный рост и процесс морфогенеза гриба *Hericium erinaceus* в мицелиальной культуре.

Объекты исследования – природный изолят *Hericium erinaceus* (из коллекции лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов Федерального аграрного научного центра Северо-Востока), а также цианобактерии (ЦБ): *Fischerella muscicola*, *Nostoc paludosum* и *N. linckia* (из коллекции кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии ВГСХА).

Для создания совместных бинарных культур гриба с ЦБ трех видов в чашки Петри к 14-суточным культурам герициума на сусло-агаре и к 7-суточным культурам гриба на голодном агаре подсеивали по 1 мл гомогенизированной суспензии соответствующего вида ЦБ с титром  $1,8 \cdot 10^8$  кл./мл во-

круг края грибных колоний. В контрольном варианте вместо суспензии ЦБ добавляли стерильную дистиллированную воду в том же объеме. Чашки Петри с изучаемыми культурами инкубировали при  $t^{\circ}=+25^{\circ}\text{C}$ . Эксперимент проводили в трех повторениях для каждого варианта.

Наблюдения состояли в ежесуточном измерении диаметра грибных колоний и подсчете числа формирующихся примордиев.

Внесение цианобактериального инокулята по-разному сказалось на росте грибных колоний на богатой (сусло-агаре) и бедной (голодном агаре) средах. Так, на сусло-агаре наблюдалась явно выраженная стимуляция роста гриба в вариантах с *N. paludosum* и *N. linckia* (табл. 1).

Таблица 1

**Динамика роста колоний гриба *Hericium erinaceus* на сусло-агаре в зависимости от вида ЦБ-партнера (диаметр, см)**

Вариант	Дата				
	23.03	26.03	27.03	28.03	29.03
Контроль	6,13±0,6	6,30±0,4	7,07±0,6	7,1±0,5	7,3±0,4
<i>F. muscicola</i>	6,67±0,8	6,67±0,4	6,87±0,5	7,1±0,4	7,2±0,4
<i>N. paludosum</i>	7,40±0,2	7,47±0,06	7,80±0,5	8,1±0,5	8,2±0,5
<i>N. linckia</i>	7,3±0,5	7,60±0,7	7,83±0,7	7,9±0,7	7,9±0,7

В этих случаях диаметр грибных колоний быстро достигал величины диаметра чашек Петри, что сделало невозможным их дальнейший рост. Во всех вариантах с подсевом ЦБ их внешних следов на агаре практически не было заметно.

Другие результаты получились в случае выращивания герициума на голодном агаре (табл. 2). Стимулирующий эффект ЦБ в первую неделю опыта практически отсутствовал. По всей поверхности голодного агара наблюдалось размножение ЦБ.

Таблица 2

**Динамика роста колоний гриба *Hericium erinaceus* на голодном агаре в зависимости от вида ЦБ-партнера (диаметр, см)**

Вариант	Дата				
	23.03	26.03	27.03	28.03	29.03
Контроль	0,80±0,1	1,03±0,06	1,13±0,1	1,2±0,1	1,23±0,1
<i>F. muscicola</i>	0,77±0,1	0,83±0,06	1,0±0,2	1,2±0,2	1,23±0,2
<i>N. paludosum</i>	0,73±0,06	0,97±0,15	0,97±0,1	1,0±0,1	1,0±0,2
<i>N. linckia</i>	0,70±0,17	0,73±0,06	0,85±0,07	0,9±0,1	1,0±0,2

Наиболее примечательным фактом влияния ЦБ на развитие колоний герициума более старшего возраста явилось появление на 3-й сутки совместного культивирования примордиев в виде коралловидных разветвленных структур. Первоначально образование примордиев было спорадическим, т. е. чрезвычайно неравномерным по отдельным повторностям опыта, что делало невозможным получение статистически достоверных результатов. Однако к 8-м суткам совместного культивирования гриба и ЦБ ситуация изменилась. Толь-

ко в контроле количество зачатков плодовых тел гриба колебалась от 1-го до 4-х на чашку. Во всех остальных вариантах этот показатель был существенно выше, достигая максимума в варианте с *N. linckia* (табл. 3, рис.).

Таблица 3

**Количество примордиев, формируемых *Hericium erinaceus* в ассоциациях с ЦБ разных видов, 8 сутки совместного культивирования**

Вариант	Контроль	<i>F. muscicola</i>	<i>N. paludosum</i>	<i>N. linckia</i>
Количество примордиев	2,3±1,5	8,3±2,1	13,7±1,5	20,3±5,2



Контроль



*Hericium erinaceus*+*Fischerella muscicola*



*Hericium erinaceus*+*Nostoc paludosum*



*Hericium erinaceus*+*Nostoc linckia*

Рис. Влияние цианобактерий на развитие примордиев у гриба *Hericium erinaceus*

Таким образом, первый опыт совместного культивирования *Hericium erinaceus* с ЦБ показал, что они способны активно влиять на развитие гриба в культуре, стимулируя радиальный рост мицелия и более ранний переход культуры к плодообразованию. Полученные результаты представляют интерес для практического выращивания герициума гребенчатого в биотехнологических целях.

Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.

### Литература

1. Ли Юй, Тулигуэл, Бао Хайин, Широких А. А., Широких И. Г., Егошина Т. Л., Кириллов Д. В. Лекарственные грибы в традиционной китайской медицине и современных биотехнологиях / Под ред. В. А. Сысуева / НИИ сельского хозяйства Северо-Востока. Киров: О-Краткое, 2009. 320 с.
2. Автономова А. В., Баканов А. В., Шуктуева М. И., Винокуров В. А., Попова О. В., Усов А. И., Краснопольская Л. М. Погружённое культивирование и химический состав мицелия *Hericium erinaceus* // Антибиотики и химиотерапия. 2012. Т. 57. № 7–8. С. 7–11.
3. Трухоновец В. В., Бисько Н. А., Поединок Н. Л., Михайлова О. Б., Митропольская Н. Ю., Колодий Т. А., Булавкина И. А., Плащинская Д. В. Рост и плодоношение базидиального гриба *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) на растительных субстратах // Лесное хозяйство. Труды БГТУ. 2012. № 1. С. 277–281.
4. Савельева Д. Н., Камзолкина О. В. Совместное культивирование некоторых видов рода *Pleurotus* с эпифитными дрожжами // Микология и фитопатология. 2009. Т. 43. Вып. 1. С. 45–51.
5. Савельева Д. Н., Камзолкина О. В. Культивирование ксилотрофного базидиомицета *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quel. совместно с дрожжами и цианобактериями // Изучение грибов в биогеоценозах: Сб. материалов V Междунар. конф. (г. Пермь, 7–13 сентября 2009 г.). Пермь, 2009. С. 221–225.

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ БАКТЕРИЙ В СПОРОКАРПАХ МИКСОМИЦЕТОВ

А. А. Широких<sup>1,2</sup>, Я. И. Назарова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный университет,

<sup>2</sup> Федеральный аграрный научный центр

Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, [aleshirokikh@yandex.ru](mailto:aleshirokikh@yandex.ru)

Развитие экологии микроорганизмов полностью зависит от применяемых методов и подходов. Метод «чистых культур», широко используемый в медицинской и промышленной микробиологии, имеет существенные ограничения в приложении к экологии микроорганизмов, поскольку не позволяет изучать микробное сообщество в целом, в его естественной среде обитания. Большие перспективы в изучении микробных сообществ открывают геномолекулярные методы, которые позволяют изучать генетическое разнообразие всех представителей определённого микробного сообщества непосредственно в природе. Основную задачу молекулярной экологии можно выразить словами норвежского микробиолога В. Торсвика «Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems» (Микробное разнообразие и его функция в почве: от генов к экосистемам) [1].

Развитие «рибосомной» филогенетики, основы которой были заложены ещё Карлом Вёзе [2], привело к тому, что в настоящее время домен бактерий (*Bacteria*) насчитывает около 40 основных филогенетических линий – филумов. Около трети из них не культивируются в лабораторных условиях и не

могут быть выявлены в микробных сообществах методом посева. Использование рибосомной филогенетики для изучения микробных сообществ основано на постулате, что каждый член сообщества представлен уникальным типом последовательности гена 16S рРНК. Таким образом, выявление нуклеотидных последовательностей у микроорганизмов, изолированных из их местообитаний, или непосредственно в субстрате, позволяет их идентифицировать в соответствии с современной системой прокариот. Использование молекулярных методов в экологии микроорганизмов позволяет выявлять и идентифицировать уже известные микроорганизмы в необычных местообитаниях.

Нами была предпринята попытка изучения видового разнообразия бактерий, обнаруживаемых в спорокарпах грибоподобных протистов – миксомицетов. Практической задачей являлся поиск и выделение бактерий с полезными фиторегуляторными свойствами. В качестве объекта исследований был избран миксомицет *Metatrichia vesparia* (Batsch) Nann.-Bremek. [3] – представитель семейства TRICHIACEAE Rost. Этот широко распространённый вид обитает на растительных остатках, иногда обнаруживается на коре живых деревьев.

Как и все представители миксогастриевых миксомицетов *M. vesparia* имеет сложный жизненный цикл (рис.), включающий репродуктивную (спорокарпы, споры) и трофическую стадии (плазмодий, миксамёбы, зооспоры) [4].

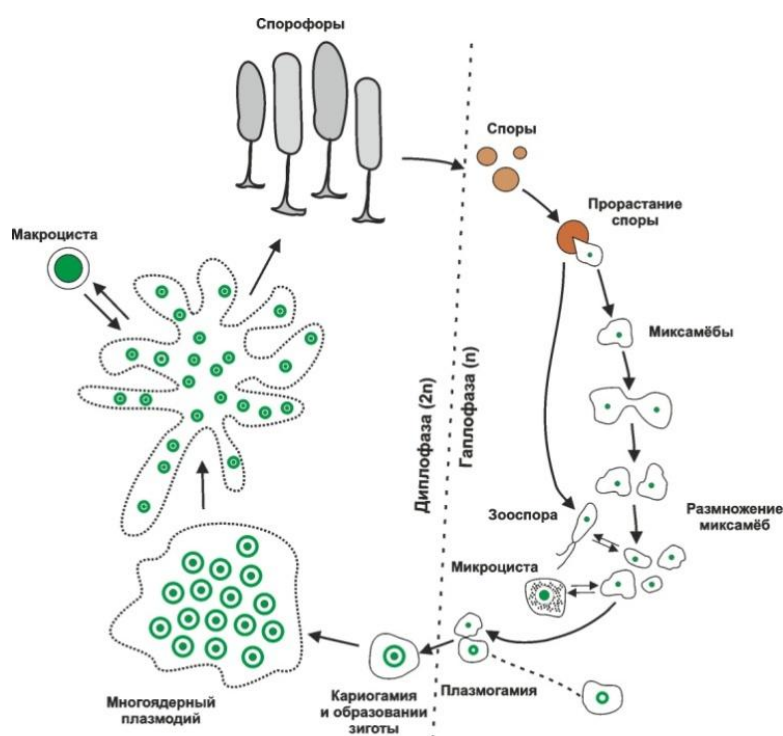


Рис. Цикл развития миксогастриевых миксомицетов

Миксамёбы, а затем и плазмодий метатрихии, ползая по субстрату, захватывает бактерии и использует их в качестве трофического ресурса. Все стадии жизненного цикла метатрихии проходят на живых растениях или рас-

тительных остатках, где бактерии встречаются в изобилии. Сейчас уже никто из исследователей не сомневается, что бактерии представляют собой важный (если не основной) трофический ресурс для этих организмов. Однако, как показал ещё А. Кохен (Cohen) в 1941 г. [5], не все бактерии, поглощаемые миксомицетами, используются как пища, некоторые из них остаются в плазмодии и, в процессе сложного жизненного цикла миксомицетов, попадают в спорокарпы этих организмов. В спорокарпах *M. vesparia*, при микроскопировании нативных и фиксированных препаратов, среди споровой массы постоянно обнаруживались бактериальные клетки. Так как плазмодий миксомицета ползает по поверхности растительных субстратов, то логично предположить, что бактерии, попадающие в него, являются представителями микробного комплекса фитосферы, среди которых могут обнаруживаться фитостимулирующие виды [6].

Для выделения ассоциированных с миксомицетами бактерий спорокарпы *M. vesparia* стерилизовали 75% этанолом в течение 2-х минут, промывали стерильной водой, растирали в ступке и готовили серию разведений с последующим высевом на минеральный агар с 2% метанола. Выросшие колонии отсеивали на косой агар того же состава. Всего из спорокарпов метатрихии было изолировано 10 штаммов. Все штаммы были протестированы с применением реактива Сальковского на способность к синтезу ауксинов (индольных соединений) в присутствии 200 мг/мл триптофана. У различных штаммов за 72 часа продукция ауксинов изменялась от 9,7 до 33,0 мкг/мл.

На следующем этапе исследования выделенные штаммы были протестированы на способность оказывать влияние на развитие проростков пшеницы в водно-бумажной рулонной культуре. Для этого семена замачивали на 12 часов в жидких культурах бактерий, выращенных в жидкой минеральной среде с метанолом, взятых в разведениях 1:10 и 1:100. У 5-ти суточных проростков измеряли длину ростка, корня и сухую биомассу. В результате установлено, что наиболее высокой фитостимулирующей активностью обладали штаммы 66 мт и 67 мт, причём их максимальный эффект проявлялся при использовании разведения 1:10.

Видовую принадлежность этих бактерий устанавливали на базе молекулярно-биологической лаборатории компании «Синтол». Идентификация проводилась на основании последовательности нуклеотидов участков гена 16S рРНК. Для амплификации участка 16S рРНК (800 п.н.) были использованы универсальные праймеры 8F (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') и 798R (5'-GGGGTATCTAATCCC-3'). Полученные последовательности фрагментов 16S рРНК сравнивали между собой с помощью программы множественного выравнивания AlignX Vector NTI 9.0. Принадлежность каждой группы тому или иному микроорганизму устанавливали с помощью пакета программ BLAST. Достоверным свидетельством того, что фрагмент принадлежит определённому микроорганизму, считали совпадение его нуклеотидной последовательности 16S рРНК с последовательностью 16S рРНК, представленной в базе данных NCBI, более чем на 97%.

В результате проведенного анализа у штамма 66 мт была обнаружена последовательность гена 16S рРНК, отмеченная в базе данных NCBI под номером NR\_104925.1 (100% совпадение), на основании которой штамм был идентифицирован как *Ewingella americana* – представитель семейства Enterobacteriaceae. Впервые данный вид был изолирован в США из клинического материала Grimont (1983) [7] и до 1984 года значился как неидентифицированный вид энтеробактерий из группы Centers for Disease Control (CDC) Enteric Group 40. Данный микроорганизм обладал физиолого-биохимическими свойствами, характерными для энтеробактерий, но по данным ДНК-гибридизации, 10 изученных штаммов образовывали единую группу, только на 21% сходную с энтеробактериями, что послужило основанием для их отделения от других энтеробактерий в статусе нового вида *Ewingella americana*. Хотя эти бактерии были изолированы из клинического материала, авторы отмечают, что в действительности клиническое значение их до конца не установлено. Недавно было показано, что данный вид может проявлять также фитопатогенные свойства и вызывать бактериозы лука и тюльпана [8], а также заболевания культивируемых видов грибов [9, 10]. Вид *E. americana* включен в специализированную коллекцию фитопатогенных микроорганизмов НАН республики Беларусь [11].

У штамма 67 мт была выявлена последовательность нуклеотидов гена 16S рРНК, отмеченная в базе данных NCBI под номером NR\_041636.1 (100% совпадение), на основании которой штамм был идентифицирован как *Sphingobacterium kitahiroshimense*. Данный вид был впервые выделен в 2008 г. из почв города Китохиросима на острове Хокайдо [12]. Сфингобактерии представляют собой грамнегативные, оксидазо- и каталазо-положительные, не спорообразующие, неподвижные, короткие палочки. На питательном агаре образуют кремово-белый нефлуоресцирующий пигмент. Диапазон температурного роста составляет от 4 до 37 °С. Сфингобактерии характеризуются высоким содержанием сфинголипидов и выраженной способностью разрушать полисахариды. Эти признаки позволяют дифференцировать сфингобактерии от представителей рода *Flavobacterium*.

Таким образом, изолированные нами из спорокарпов миксомицета *M. vesparia* бактерии были впервые обнаружены в ассоциации с грибоподобными протистами. Также, судя по литературным данным, ранее не было сообщений об их способности синтезировать фитогормоны группы ауксинов и стимулировать рост высших растений. Отсюда следует, что спорокарпы миксомицетов представляют собой уникальный источник для изоляции бактерий с выраженным фитостимулирующим эффектом. В качестве молекулярных зондов для поиска бактерий с заданными свойствами могут быть использованы соответствующие нуклеотидные последовательности гена 16S рРНК – NR\_104925.1 и NR\_041636.1 в базе данных NCBI.

## Литература

1. Torsvik V. L., Ovreas L. Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems // *Curr. Opin. Microbiol.* 2002. V. 5 (3). P. 240–245.
2. Woese C. R. Bacterial evolution // *Microbiol. Rev.* 1987. V. 51 (2). P. 221–271.
3. Новожилов Ю. К. Определитель грибов России. Отдел Мухомycota. Вып. 1. СПб.: Наука, 1993. 588 с.
4. Новожилов Ю. К., Гудков А. В. Мucetozoa // Протисты / Под ред. С. А. Карпов. СПб.: «Наука», 2000. С. 417–450.
5. Cohen A. L. Nutrition of the myxomycetes. II. Relations between plasmodia, bacteria, and substrate in two-membered culture // *Botanical Gazette.* 1941. V. 103 (2). P. 205–224.
6. Широких А. А., Назарова Я. И., Абубакирова Р. И., Широких И. Г. Обнаружение фиторегуляторной активности метилотрофных бактерий, изолированных из грибоподобных протистов // *Экспериментальная биология растений: фундаментальные и прикладные аспекты: Годичное собрание ОФРР. 18–24 сентября, Крым, Судак. 2017. С. 355.*
7. Grimont P. A. D., Farmer J. J., Grimont F., Asbury M. A., Brenner D. J. and Deval C. *Ewingella americana* gen. nov., sp. nov., a new *Enterobacteriaceae* isolated from clinical specimens // *Ann. Microbiol.* 1983. 134A. P. 39–52.
8. Stoyanova, M., Moncheva P., Bogatzevska N. Occurrence of phytopathogenic bacteria of *Enterobacteriaceae* family in bulbs of cultural and ornamental plants // *Sci. Technol.* 2012. V. 2 (6). P. 39–44.
9. Reyes J. E., Venturini M. E., Oria R., Blanco D. Prevalence of *Ewingella americana* in retail fresh cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* and *Pleurotus ostreatus*) in Zaragoza (Spain) // *FEMS Microbiol Ecol.* 2004. V. 47 (3). P. 291–296.
10. Inglis P. W., Peberdy J. F. Isolation of *Ewingella americana* from the cultivated mushroom, *Agaricus bisporus* // *Curr Microbiol.* 1996. V. 33 (5) P. 334–337.
11. Кантерова А. В., Фальковская У. В., Копица В. Н., Новик Г. И. Развитие специализированной коллекции фитопатогенных микроорганизмов // *Экологический вестник.* 2016. Т. 3 (37). С. 28–34.
12. Matsuyama H., Katoh H., Ohkushi T., Satoh A., Kawahara K., Yumoto I. *Sphingobacterium kitahiroshimense* sp. nov., isolated from soil // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2008. V. 58. P. 1576–1579.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УТИЛИЗАЦИИ СОЛОМЫ ГРИБАМИ *ACREMONIUM SP.*, *FUSARIUM SP.* И *TRICHODERMA SP.*

К. А. Вырасткова<sup>1</sup>, И. Г. Широких<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный университет, [ksyu.vyrastkova@mail.ru](mailto:ksyu.vyrastkova@mail.ru)

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, [irgenal@mail.ru](mailto:irgenal@mail.ru)

Более половины пахотных земель засеваются озимыми и яровыми культурами. После их уборки на полях остаётся большое количество пожнивных остатков – соломы. Если раньше почти вся солома вывозилась с поля и применялась в качестве подстилки в животноводстве, то в наше время, из-за сильного сокращения поголовья скота, после уборки вся солома остается на полях. При больших объемах пожнивных остатков очень сильно затрудняется работа почвообрабатывающей техники из-за забивания и залипания соломенно-земляной массой рабочих органов агрегатов, что ведет к частым поломкам и преждевременному износу оборудования. Также важной проблемой являет-



ся и то, что при наличии большого количества пожнивных остатков на поверхности поля происходит взрывное развитие болезнетворных микроорганизмов и вредителей [1]. Наиболее экологичным и наименее энергозатратным способом переработки соломы является компостирование с использованием эффективных штаммов микроорганизмов, в частности микроскопических мицелиальных грибов [2]. Важным этапом разработки технологий утилизации растительных отходов является выявление и оценка перспективных штаммов в условиях модельных опытов.

Целью работы являлось изучение процессов разложения сухой биомассы соломы под воздействием микромицетов, в зависимости от дозы инокулюма и наличия в среде экстра-азота.

Исследование проведено в условиях лабораторных микрокосмов. Объектами исследования служили природные изоляты *Trichoderma* sp. Н-1'.2.2 и *Acremonium* sp. Н-1.2.3(2), ранее проявившие высокую активность при разложении неприродных целлюлозосодержащих субстратов – фильтровальной бумаги [3] и карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) [4].

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

Схема модельных опытов включала 5 вариантов:

I. Микромицет (0,2 мл суспензии с концентрацией  $3,2 \cdot 10^7$  КОЕ/мл) + H<sub>2</sub>O (1 мл) + солома (3 г).

II. Микромицет (0,2 мл суспензии с концентрацией  $3,2 \cdot 10^7$  КОЕ/мл) + водный раствор NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (1 мл раствора с концентрацией 17,1 мг/мл) + солома (3 г).

III. Микромицет (0,4 мл суспензии с концентрацией  $3,2 \cdot 10^7$  КОЕ/мл) + водный раствор NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (1 мл раствора с концентрацией 17,1 мг/мл) + солома (3 г).

IV. Контроль + H<sub>2</sub>O (1 мл) + солома (3 г).

V. Контроль + водный раствор NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (1 мл раствора с концентрацией 17,1 мг/мл) + солома (3 г).

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

Для изучения влияния на процесс деструкции доступного азота при увлажнении субстрата добавляли в него нитрат аммония в концентрациях из расчета 10 мг N-NH<sub>4</sub>/1 г соломы (28,57 мг нитрата аммония на 1 г сухой соломы). Чашки инкубировали при 27 °С, отмечая динамику обрастания соломы грибным мицелием.

На 3, 6, 12 сутки определяли остаточную массу соломистого субстрата. Для этого предварительно приготовили складчатые бумажные фильтры, доводя их до постоянной массы путем прожарки в сухожаровом шкафу при 105

°С в течение 2-3 ч, пока значение массы фильтра не будет отличаться от значения при предыдущем взвешивании, менее, чем на два знака после запятой. После фильтровали через них суспензию, подсушивали и проделываем те же манипуляции, что и с фильтрами, доводя до постоянной массы [5]. Далее вычислили массу субстрата (в г), исходя из следующей формулы:

$$m_{oc} = m_{oc+\phi} - m_{\phi},$$

где  $m_{oc}$  – масса остаточного субстрата,  $m_{oc+\phi}$  – масса фильтра с отфильтрованным остаточным субстратом,  $m_{\phi}$  – масса фильтра.

В результате внесения в солоmistый субстрат раствора нитрата аммония в качестве источника экстра-азота, убыль биомассы солоmistого субстрата под воздействием гриба *Trichoderma* sp. была более интенсивной, чем в контроле без добавления азота (с дистиллированной водой), но на 12 сутки значения в том и другом вариантах выровнялись (рис. 1, А). При повышенной стартовой дозе инокулюма гриба *Trichoderma* sp. наблюдали резкое снижение биомассы вплоть до 6 суток, а затем такое же резкое увеличение биомассы, которое может быть объяснено увеличением массы мицелия в процессе вегетативного роста гриба (рис. 1, Б).

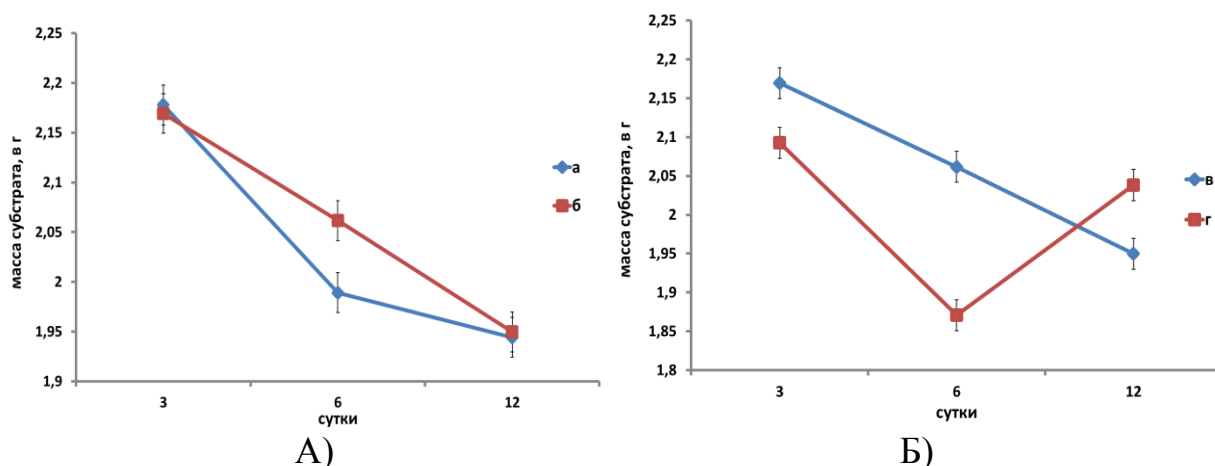


Рис. 1. Динамика биомассы солоmistого субстрата в процессе его утилизации грибом *Trichoderma* sp. Н-1'.2.2, в зависимости от внесения экстра-азота (А) и от стартовой дозы инокулюма (Б): а – контроль, б – внесение экстра-азота, в –  $6,4 \cdot 10^6$  КОЕ/мл, г –  $1,3 \cdot 10^7$  КОЕ/мл

В случае с грибом *Acremonium* sp. внесение в субстрат экстра-азота так же способствовало более интенсивному снижению биомассы субстрата (особенно после 6 суток инкубирования) по сравнению с контролем без добавления азота, но все же было менее интенсивным в сравнении с *Trichoderma* sp. (рис. 2, А). Увеличение стартовой дозы инокулюма так же способствовало более существенному снижению биомассы по сравнению с контролем, но более плавному в сравнении с грибом *Trichoderma* sp. (рис. 2, Б).

Динамика деструкции соломы изучаемыми изолятами отличалась от той, что была получена ранее в модельном опыте с *Fusarium* sp. О-12 (рис. 3). Наиболее близким по результатам убыли биомассы к ранее изученному

изоляту *Fusarium* sp. (убыль с 3 до почти 1 г) оказался гриб *Trichoderma* sp. (убыль с 3 до почти 1,8 г), чем *Acremonium* sp. (убыль с 3 до почти 2,3 г). Но, в отличие от *Fusarium* sp. О-12, оба исследуемых гриба эффективнее снижали биомассу соломистого субстрата при внесении повышенной дозы инокулянта, а в варианте с грибом *Trichoderma* sp. наблюдали более существенную убыль биомассы соломы при отсутствии дополнительного источника азота.

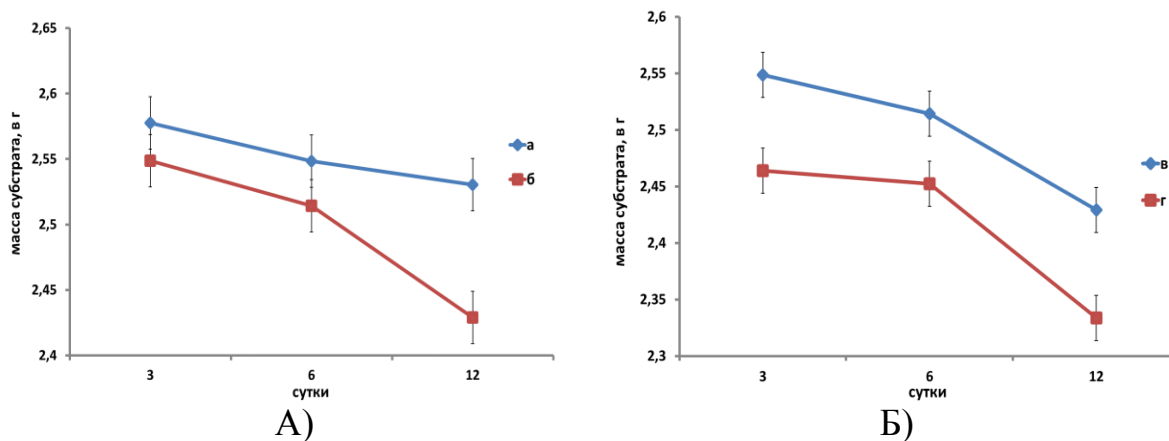


Рис. 2. Динамика биомассы соломистого субстрата в процессе его утилизации грибом *Acremonium* sp. Н-1.2.3(2), в зависимости от внесения экстра-азота (А) и от стартовой дозы инокулюма (Б): а – контроль, б – внесение экстра-азота, в –  $6,4 \cdot 10^6$  КОЕ/мл, г –  $1,3 \cdot 10^7$  КОЕ/мл

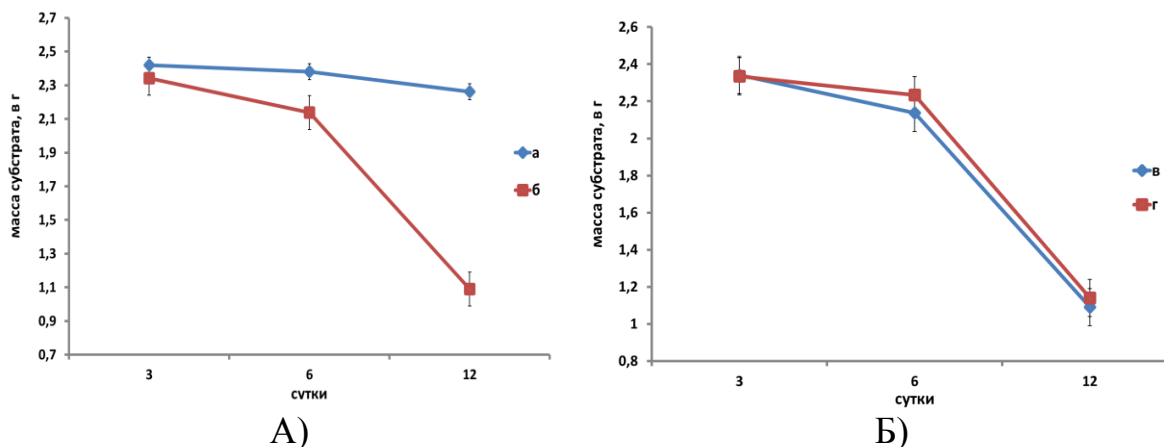


Рис. 3. Динамика биомассы соломистого субстрата в процессе его утилизации грибом *Fusarium* sp. О-12, в зависимости от внесения экстра-азота (А) и от стартовой дозы инокулюма (Б): а – контроль, б – внесение экстра-азота, в –  $6,41 \cdot 10^6$  КОЕ/мл, г –  $1,3 \cdot 10^7$  КОЕ/мл

Таким образом, в результате проведенных исследований по разложению соломы тремя различными штаммами микромицетов, для каждого из них удалось выявить некоторые особенности, обуславливающие интенсивность протекания процесса. Так, результаты сравнения выявили различия в потребности исследуемых микроскопических грибов в экстра-азоте. Обнаружена разница и в количестве необходимого для затравки процесса инокулюма. Вы-

явленные между культурами деструкторов различия обусловлены, очевидно, особенностями биоморфологической структуры грибных популяций – представителей различных родов. Более полная картина может сложиться при сравнении полученных данных по убыли биомассы с результатами микроскопии препаратов, отражающих сукцессионную динамику заселения субстрата исследуемыми грибами. Выявленные закономерности необходимо учитывать при практическом использовании микромицетов-целлюлозолитиков для утилизации солоmistых отходов.

*Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.*

### Литература

1. Лезина Е. В. Эффективная схема утилизации соломы. Грамотное управление растительными остатками – залог высокого урожая. ОО АПК «Поволжье». 2009. 2018. URL: <http://apk-volga.ru/effektivnaya-shema--utilizacii-solo>
2. Soliman S. A., El-Zawahry Y. A., El-Moughith A. A. Fungal Biodegradation of Agro-Industrial Waste / Cellulose - Biomass Conversion, Kadla P.J. Ed. // InTech. 2013. Ch. 4. P. 75–92.
3. Методы экспериментальной микологии / Под ред. В. И. Билай. Киев: Наукова думка. 1973. 243 с.
4. Teather R.M., Wood P.J. Use of congo-red polysaccharide interaction in enumeration and characterization of cellulolytic bacteria the bovine rumen // Appl. 5. Environ Microbiol. 1982. V. 43. P. 777–780.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под. ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

## КОМПЛЕКС МИКРОМИЦЕТОВ ЧЕРНОЗЕМА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ВИДА АГРОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

*И. Д. Свистова<sup>1</sup>, Л. Д. Стахурлова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Воронежский государственный педагогический университет,  
i.svistova@mail.ru*

*<sup>2</sup> Воронежский государственный университет, stakhurlova@rambler.ru*

Черноземная зона является основной житницей России, однако в последние годы наблюдается негативная тенденция: возрастает площадь эродированных, подкисленных, переуплотненных черноземов, развивается состояние «выпаханности» и почвоутомления. Важной задачей биомониторинга состояния почвы является поиск информативных параметров, по которым можно оценивать уровень нагрузки на экосистему. Ранее было показано, что для разных видов антропогенной нагрузки: рекреационная, техногенная, городская, а также для разных типов почв такие информативные параметры могут заметно отличаться [1, 2]. Работ по биоиндикации черноземов в агроэкосистемах, в том числе сведений по микробиоиндикации, явно недостаточно [3, 4].

Микробное сообщество почвы чутко реагирует на антропогенную нагрузку, изменение его состава и структуры наблюдаются при уровнях загрязнения на два порядка ниже предусмотренных ПДК для макроорганизмов

[5]. В связи с этим микробиоиндикация может применяться для ранней диагностики состояния почвы, когда физико-химические свойства еще не меняются.

При изучении изменения состава и структуры микробиоты в черноземах, подверженных многолетней агрогенной нагрузке, большой проблемой является выбор фонового варианта опыта.

Уникальным объектом является государственный биосферный заповедник «Стрелецкая степь» им. В. В. Алехина, расположенный в юго-западной части Среднерусской возвышенности в бассейне р. Сейм, в 20 км от г. Курска. Здесь находятся целинные участки разнотравно-злаковой степи с черноземом типичным, которые с середины 17 века не распаиваются. В 1946 г. на территории заповедника заложен стационарный опыт по различным способам использования почвы.

Целью работы было изучение комплекса микромицетов чернозема типичного заповедника «Стрелецкая степь» в разных экосистемах: некосимый целинный участок с разнотравно-злаковой растительной ассоциацией и почва, в течение 70 лет подверженная разным видам агрогенной нагрузки: бесменный чистый пар и 9-польный севооборот (под озимой пшеницей).

Пробы почвы отбирали в середине вегетационного периода. Определяли численность микромицетов методом посева на агаризованную среду Чапека рН 4,5 [6]. Изоляты идентифицировали до вида по соответствующим определителям. Типичными считали виды с частотой пространственной и временной встречаемости более 30% [1]. Показатели биоразнообразия комплекса микромицетов рассчитывали по Мэгарран [7].

Численность грибов в почве под растениями по слоям 0–10 и 10–20 см составляла 14,2 и 11,8 тыс./г на целине и 13,3 и 16,3 тыс./г на пашне. На многолетнем пару численность грибов возрастала до 29,3 и 24,8 тыс./г, что указывает на усиление споруляции почвенных грибов в условиях голодания.

Всего из чернозема типичного Стрелецкой степи нами были выделены 35 видов микромицетов, из них из классов *Zygomycetes* и *Ascomycetes* – по 1 виду, остальные относились к классу *Deuteromycetes* или Несовершенные грибы, из них преобладали представители родов *Aspergillus* и *Penicillium*. Видовой состав комплекса микромицетов отражает специфику экосистем.

Высокие показатели видового разнообразия характерны для комплекса микромицетов чернозема типичного целины и пашни в севообороте (табл. 1). В черноземе типичном природной экосистемы доля случайных видов составляла 22%, а их суммарная плотность – 33%. В пахотном черноземе с севооборотом под озимой пшеницей показатели видового богатства комплекса микромицетов чернозема отличались незначительно, а индекс видового разнообразия Шеннона даже несколько возрос. Комплекс достаточно выравнен, доминирование выражено слабо. Такие показатели  $\alpha$ -разнообразия свидетельствуют о высокой стабильности комплекса почвенных грибов.

В то же время показатель  $\beta$ -разнообразия коэффициент сходства Серенсена свидетельствует об изменении видовой структуры комплекса почвенных

грибов чернозема типичного в результате распашки и чередования культур в севообороте.

В почве многолетнего бесменного чистого пара отсутствие прижизненных растительных ризодепозитов и растительной мортмассы привело к тому, что видовое богатство комплекса микромицетов заметно снижалось. Доля случайных видов составляла 50%, а их суммарная плотность – всего 8%. Такое резкое снижение плотности случайных видов грибов называют «концентрацией доминирования» комплекса, что подтверждается низким индексом выравненности и высоким индексом доминирования видов в составе комплекса. Экологическим следствием этого является снижение устойчивости комплекса почвенных грибов в черноземе типичном, подвергающемся обработке, но лишенном растений.

Таблица 1

**Показатели видового разнообразия комплексов микромицетов чернозема типичного в вариантах опыта**

Показатели	Целина	Бесменный чистый пар	Севооборот (озимая пшеница)
Видовое богатство	23	18	22
Количество типичных видов	18	9	19
Плотность типичных видов, %	67	92	77
Индекс Шеннона H	3,89	2,31	4,09
Индекс выравненности Пиелу U	0,95	0,72	0,96
Индекс доминирования Симпсона С	0,08	0,23	0,07
Коэффициент сходства Серенсена	1,00	0,56	0,72
	–	1,00	0,44

Значения коэффициента Серенсена свидетельствуют о средней степени сходства видового состава комплекса микромицетов многолетнего пара как с контролем, так и с вариантом севооборота, что указывает на зависимость хода грибной сукцессии в почве от способа ее использования в агроэкосистемах.

Представленность некоторых родов микромицетов менялась в вариантах опыта (табл. 2). В севообороте несколько возросла плотность зигомицетов и из дейтеромицетов рода *Aspergillus*, а в парующей почве – рода *Penicillium*.

Таблица 2

**Плотность основных родов почвенных микромицетов в вариантах опыта**

Вариант опыта	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Zygomycetes</i>	Случайные виды
Целина	17	25	3	33
Бесменный чистый пар	68	23	1	8
Севооборот (озимая пшеница)	23	38	10	23

Для понимания экологической направленности сукцессии микромицетов при разных видах агрогенной нагрузки нами были выделены две группы видов. Чувствительными считали виды грибов, которые полностью исчезали,

переходили в ранг случайных или снижали плотность при определенных видах использования почвы по сравнению с контролем (табл. 3).

Общей закономерностью является тот факт, что распашка целинного чернозема типичного привела к резкому снижению в агроэкосистемах ранга стенотопных для зоны степей олиготрофных ксерофильных видов грибов (*Paecilomyces lilacinum*, *Aspergillus terreus*, *Sporotrichum pulverulentum*).

В почве без растений, кроме того, снижается ранг или полностью исчезают виды грибов-гидролитиков, разлагающие растительные остатки (*Mucor hiemalis*, *Stachybotris chartarum*, *Penicillium funiculosum*, *Aspergillus ustus*), а также грибов-фитопатогенов (*Fusarium solani*, *Alternaria alternata*).

Таблица 3

### Чувствительные виды грибов чернозема при агрогенной нагрузке

Вариант опыта	Виды микромицетов
Севооборот (озимая пшеница)	<i>Paecilomyces lilacinum</i> , <i>Aspergillus wentii</i> , <i>A. terreus</i> , <i>A. candidus</i> , <i>Acremonium alternatum</i> , <i>Sporotrichum pulverulentum</i>
Бессменный чистый пар	<i>A. wentii</i> , <i>A. terreus</i> , <i>A. ustus</i> , <i>Mucor hiemalis</i> , <i>Penicillium rubrum</i> , <i>P. funiculosum</i> , <i>Stachybotris chartarum</i> , <i>Paecilomyces lilacinum</i> , <i>Fusarium . solani</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>S. pulverulentum</i>

Индикаторными на агрогенную нагрузку считали виды, которые появлялись, переходили из ранга случайных в типичные, или повышали плотность по сравнению с целиной (табл. 4).

Таблица 4

### Индикаторные виды грибов чернозема при агрогенной нагрузке

Вариант опыта	Виды микромицетов
Севооборот (озимая пшеница)	<i>Penicillium daleae</i> , <i>P. funiculosum</i> , <i>P. rubrum</i> , <i>P. purpurogenum</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Fusarium . solani</i> , <i>Alternaria alternata</i>
Бессменный чистый пар	<i>A. candidus</i> , <i>Acremonium alternatum</i> , <i>P. tardum</i> , <i>P. simplicissimus</i>

Для разных вариантов агрогенной нагрузки индикаторными оказались виды с различными экологическими стратегиями. В черноземе типичном многолетнего чистого пара заметно возрастает доля олиготрофных видов (*Aspergillus candidus*, *Acremonium alternatum*, *Penicillium tardum*, *P. simplicissimus*).

В почве севооборота под пшеницей возрастает ранг целлюлолитических грибов (*Penicillium daleae*, *P. funiculosum*, *P. rubrum*, *P. purpurogenum*, *Aspergillus clavatus*, *Trichoderma harzianum*), копитрофов и фитопатогенов, вызывающих болезни злаков (*Fusarium solani*, *Alternaria alternata*).

Таким образом, направленность сукцессии микромицетов целинного чернозема типичного при введении в сельскохозяйственное производства определяется способом его использования (распашка, вид агрофитоценоза). Следовательно, видовой состав и показатели биоразнообразия комплекса грибов могут применяться в качестве параметров биоиндикации черноземов, подверженных агрогенной нагрузке.

### Литература

1. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. М.: Академия, 2004. 248 с.
2. Свистова И. Д. Биодинамика микробного сообщества чернозема в антропогенных экосистемах лесостепи: Дис. ... д-ра биол. наук. Петрозаводск, 2005. 485 с.
3. Стахурлова Л. Д., Свистова И. Д., Щеглов Д. И. Биологическая активность как индикатор плодородия черноземов в различных биоценозах // Почвоведение. 2007. № 6. С. 769–774.
4. Стахурлова Л. Д., Свистова И. Д. Биомониторинг черноземов в различных биоценозах // Вестник РАСХН. 2011. № 6. С. 28–30.
5. Назаренко Н. Н., Свистова И. Д. Микробиологическая индикация почв урбандиапазона. Воронеж: ВГАУ, 2013. 209 с.
6. Теппер З. Е., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Методы почвенной микробиологии. М.: Дрофа, 2004. 224 с.
7. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 184 с.

### ВЛИЯНИЕ СВИНОГО ЖИРА НА БИОСИНТЕТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ШТАММА *STREPTOMYCES CREMEUS* 9871 – ПРОДУЦЕНТА ТОБРАМИЦИНА

*Е. А. Кошкина, А. Г. Лазыкин, И. Г. Широких*  
Вятский государственный университет,  
*koshkinaevgenia1994@mail.ru, irgenal@mail.ru*

В современном мире большое значение в лечении инфекционных заболеваний отводится антибиотикам. Внедрение антибиотиков в химиотерапию различных заболеваний способствовало повышению качества жизни, а также снижению смертности людей от инфекционных заболеваний. В связи с быстрым приобретением устойчивости болезнетворными бактериями, ведутся активные работы по разработке новых антибиотиков и внедрению их в производство. По мнению ведущих мировых экспертов «резистентность к противомикробным средствам стала глобальной проблемой, в значительной степени, влияющей на здравоохранение в развитых и развивающихся странах» [1].

Немаловажную роль при разработке технологий получения антибиотиков играет изучение биосинтетической активности штамма-продуцента в зависимости от состава среды [2]. Для того, чтобы производство было рентабельным, необходимо на этапе лабораторного получения отточить все манипуляции и грамотно масштабировать процесс, при этом не потерять активность штамма.

Цель работы – определить, как свиной жир в качестве компонента питательной среды влияет на биосинтетическую активность продуцента тобрамицина *Streptomyces cremeus* 9871.

Для достижения данной цели решались следующие задачи:

- 1) Провести культивирование штамма *S. cremeus* subsp. *tobramycini* 9871 на питательной среде с различным содержанием свиного жира.
- 2) Определить содержание тобрамицина в культуральной жидкости.



3) Выявить зависимость между содержанием свиного жира в питательной среде и содержанием антибиотика в среде.

Работа выполнена на базе биотехнологического и фармацевтического завода ООО «Восток». Объектом исследования служил штамм *S. cremeus* subsp. *tobramycini* 9871, полученный на базе предприятия.

Для определения влияния свиного жира на активность штамма- продуцента был поставлен следующий опыт. В колбы ёмкостью 100 мл разливали ферментационную среду, содержащую свиной жир в концентрациях от 0 до 2%. Кислотность среды доводили до pH 7,0. В каждую колбу со средой, после автоклавирования, добавляли по 4,5 мл стерильного 30% раствора глюкозы. Производили посев культуры *S. cremeus* subsp. *tobramycini* 9871. Культивирование проводили при температуре  $(37\pm 1)$  °С на качалке при  $(240\pm 5)$  об./мин. По прошествии 5 сут. биомассу мицелия отделяли от культуральной жидкости путем фильтрации через бумажный фильтр, во всех колбах измеряли pH и делали мазки для микроскопии жидких культур. Для этого забирали стерильной пипеткой небольшое количество содержимого колбы и капали на обезжиренное предметное стекло, мазок сушили, фиксировали раствором Карнуа, подсушивали и красили метиленовым синим, смывали излишки краски водой, подсушивали и смотрели под микроскопом, используя увеличение  $\times 100$ .

В мазках были обнаружены единичные фрагменты мицелия *S. cremeus* subsp. *tobramycini* 9871 (рис. 1).

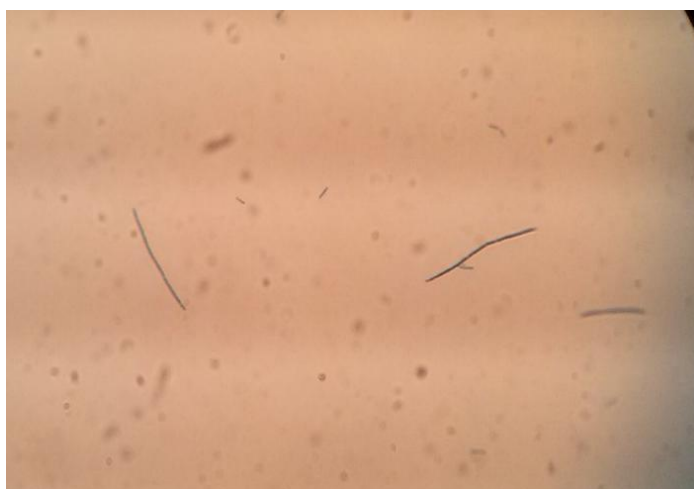


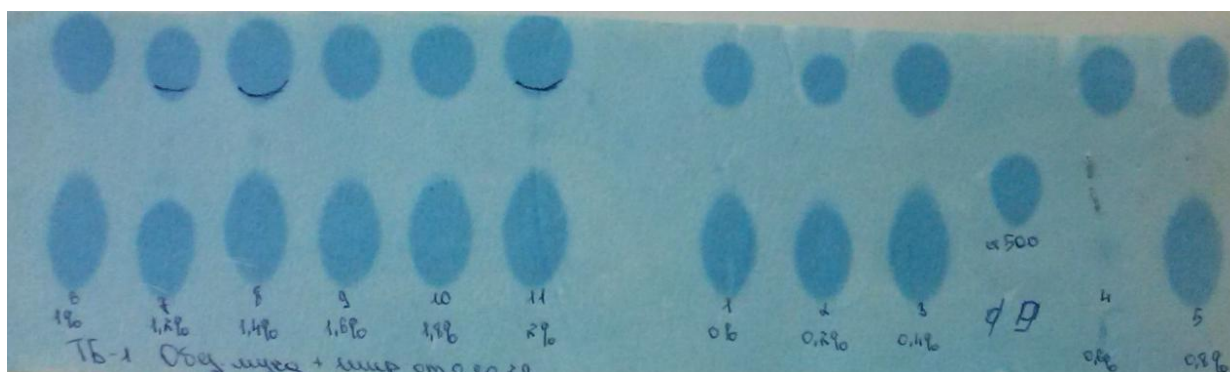
Рис. 1. Микроскопия мазка *S. cremeus* subsp. *tobramycini* 9871

Содержание антибиотика в культуральной жидкости определяли методом тонкослойной хроматографии с биоавтографией на *Bacillus subtilis* (рис. 2).

Результаты хроматографии и данные, полученные в результате измерения pH культуральной жидкости, представлены в таблице. Значение pH исходной среды, без добавления жира, было слабо щелочным (8,7). С увеличением концентрации свиного жира в питательной среде значения pH постепенно снижаются от щелочных (8,8) – в варианте с низким содержанием, до

значения, близкого к нейтральному (7,6) в варианте с наиболее высоким в опыте содержанием жира (2%).

Изменения кислотности среды были связаны с накоплением в ней целевого продукта – антибиотика тобрамицина. Его биосинтез увеличивался в присутствии свиного жира в несколько раз по сравнению с контролем. Так, добавление в среду 1,8–2,0% жира повысило выход тобрамицина в 2,4 раза. При меньших концентрациях жира в питательной среде (0,2–1,6%) тобрамицин накапливался в меньших количествах (от 340 до 840 мкг/мл) и его синтез значительно варьировал по вариантам. По полученным данным был построен график зависимости активности штамма от содержания в среде свиного жира



(рис. 3), позволяет выявить тенденцию: с увеличением количества свиного жира в среде, увеличивается концентрация антибиотика, то есть повышается биосинтетическая активность штамма.

Рис. 2. Тонкослойная хроматография с биоавтографией на *Bacillus subtilis* фильтрата культуральной жидкости *S. cremeus* subsp. *tobramycini* 9871

Таблица

**Кислотность культуральной жидкости и выход тобрамицина  
в зависимости от содержания жира в питательной среде**

№ варианта	% жира	pH	Содержание тобрамицина в среде, мкг/мл
1.	0	8,7	390
2.	0,2	8,8	340
3.	0,4	8,6	650
4.	0,6	8,5	570
5.	0,8	8,4	740
6.	1,0	8,4	570
7.	1,2	8,3	500
8.	1,4	8,2	840
9.	1,6	8,1	650
10.	1,8	7,9	940
11.	2,0	7,6	940

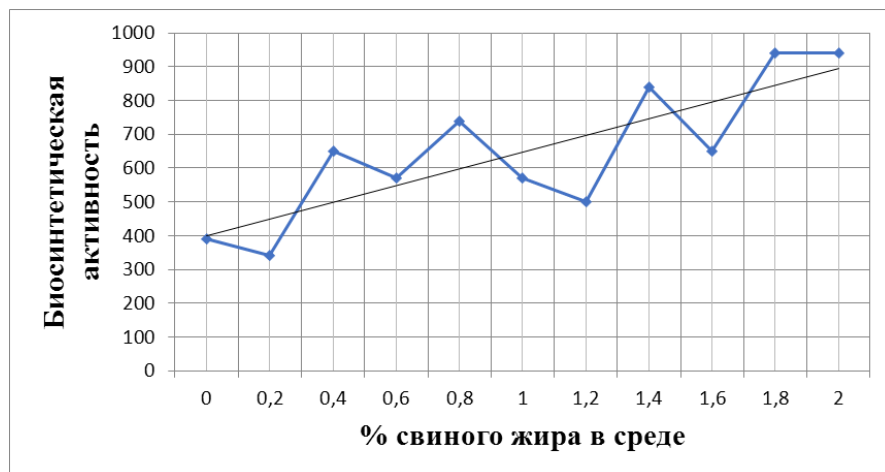


Рис. 3. Зависимость биосинтетической активности штамма *S. cretensis* subsp. *tobramycinii* 9871 от содержания в среде свиного жира

Таким образом, добавление в стандартную питательную среду для культивирования *S. cretensis* subsp. *tobramycinii* 9871 свиного жира позволяет увеличить биосинтетическую активность продуцента и повысить выход антибиотика тобрамицина в культуральную жидкость.

#### Литература

1. Wright G. D. Antibiotic resistance in the environment: a link to the clinic? // Current Opinion in Microbiology. 2010. V. 13. P. 589–594.
2. Сизенцов А. Н., Мисетов И. А., Каримов И. Ф. Антибиотики и химиотерапевтические препараты. Оренбург: ОГУ, 2012. 489 с.

### ИЗУЧЕНИЕ БИОСИНТЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВЕННЫХ СТРЕПТОМИЦЕТОВ

**В. А. Кочкина<sup>1</sup>, Я. И. Назарова<sup>2</sup>, И. Г. Широких<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup> Вятский государственный университет,

<sup>2</sup> Федеральный аграрный научный центр

Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,

<sup>3</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Актиномицеты являются объектом интенсивных физиологических, генетических, биохимических и экологических исследований на протяжении нескольких десятилетий в связи с поиском продуцентов антибиотиков и ферментов, применением популяций актиномицетов для биоконтроля фитопатогенов и биоремедиации загрязненных почв, созданием пестицидов на основе микробных соединений. Ввиду их особого значения для биотехнологии, исследуются фундаментальные закономерности, которыми определяется формирование и динамика структурно-функциональной организации природных актиномицетных комплексов [1]. Наиболее широко распространены в почвах различных типов представители рода *Streptomyces*. Для почвенных стрептомицетов характерны высокая популяционная плотность ( $10^6$ – $10^8$  КОЕ/г поч-

вы) и широкое метаболическое разнообразие. У стрептомицетов доля генома, связанная спродукцией вторичных метаболитов, составляет 5–10%, что в несколько раз больше, чем у других бактерий [2]. Биосинтетический потенциал отдельных видов рода *Streptomyces* представляет значительный интерес в связи с формированием коллекций биотехнологически перспективных культур микроорганизмов.

Цель работы – провести сравнительный анализ антагонистической, целлюлозолитической и фиторегуляторной активности природных изолятов стрептомицетов, выделенных из двух желтоземных почв.

Культуры стрептомицетов выделяли из почвенных образцов, отобранных в провинции Фуцзянь, расположенной на юго-востоке КНР. Объектами исследования служили почвы, отобранные 1) на равнинной территории городского округа Чжанчжоу в посадках культурной формы банана (*Musa paradisiaca*), 2) в гористой местности уезда Юндин, в одном из огородов сельского поселения Хункэн, после уборки урожая (культуры из семейства Brassicaceae). Для выделения стрептомицетов на казеин-глицериновом агаре, при посеве из разведений почвенных суспензий использовали селективное прогревание почвы в течение 1 час при 100<sup>0</sup>С. Доминирующие на чашках колонии выделяли в чистую культуру, определяли их таксономическую принадлежность в соответствии с определителями [3, 4] и антагонистическую активность [5], используя в качестве тест-культур бактерии *Pseudomonas putida*, *P. fluorescens*, *P. sepiacia*, *Streptococcus sp.*, *Escherichia coli* и грибы *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Paecilomyces sp.*, *Trichoderma sp.*, *Candida albicans*. Целлюлозолитическую активность изолятов определяли в соответствии с [6]. Способность выделенных штаммов продуцировать ауксины определяли, с использованием реактива Сальковского [7]. Культуры выращивали в течение 72 час в жидкой среде Чапека с добавлением 200 мкг/мл триптофана в качестве предшественника для синтеза индолил-3-уксусной кислоты (ИУК). В общей сложности изучены биосинтетические свойства 18 культур из почвы Хункэна и 19 культур из почвы Чжанчжоу.

Статистическую обработку результатов проводили стандартными методами [8] с использованием пакета программ EXCEL.

Особенностью вторичного метаболизма многих видов стрептомицетов является продукция антибиотиков, литических ферментов, фунгистатических веществ, благодаря которым они могут ограничивать численность других микроорганизмов. В почве под плантацией банана были обнаружены три штамма вида *S. cirratus* (F2-2, F2-8, F2-11), подавляющие, в той или иной степени, рост пяти тест-культур грибов и четырех тест-культур бактерий. А штамм *S. aburaviensis* F2-6 проявил антагонизм в отношении каждой из пяти исследованных тест-культур грибов и бактерий. Всего антагонистической активностью с широким спектром действия в данной почве характеризовались 31,6% штаммов. В огородной почве Хункэна спектр антагонистов был гораздо уже. Антифунгальным действием в отношении четырех-пяти тест-культур характеризовалось 22,2% изолятов (*S. tendae* F1-4, *S. omiyaensis* F1-5,

*S. globisporus* F1-23 и *S. rochei* F1-26), антибактериальная активность против 4-х тест-культур выявлена у *S. luteokutescens* F1-14 и *S. rochei* F1-26. Т. е. широким спектром антагонистической активности характеризовался всего один штамм *S. rochei* F1-26.

Одним из аспектов биосинтетической деятельности стрептомицетов является синтез соединений с фиторегуляторной активностью, в частности, фитогормонов типа ауксинов. В среднем, для выборок одинакового объема показано отсутствие достоверных различий по продуктивности штаммов из почв Хункэна и Чжанчжоу (табл.).

Таблица

**Синтез ауксинов культурами стрептомицетов на среде с 200 мг/л триптофана**

Штамм	Вид	ИУК, мкг/мл	Масса на 5-е сутки, мг	ИУК, мкг/мг
Изоляты из Хункэна				
F1-3	<i>Streptomyces xanthocidicus</i>	10,6	34,2	309,9
F1-4	<i>S. tendae</i> F1-4	9,7	18,9	513,2
F1-5	<i>S. omiyaensis</i>	9,6	18,5	518,9
F1-7	<i>S. nigrifaciens</i>	11,2	22,4	500,0
F1-9	<i>S. gelaticus</i>	10,5	17,5	600,0
F1-10	<i>S. griseobrunneus</i>	10,2	16,9	604,7
F1-13	<i>S. naganishi</i>	12,7	70,5	180,1
F1-17	<i>S. globisporus</i>	9,5	30,5	311,4
F1-19	<i>S. halstedii</i>	11,6	24,9	465,8
F1-26	<i>S. rochei</i>	10,6	29,5	358,6
Среднее		10,62±1,06		436,3±139,9
Изоляты из Чжанчжоу				
F2-1	<i>Streptomyces</i> sp.	9,8	25,0	392,0
F2-2	<i>S. cirratus</i>	10,1	27,9	362,0
F2-4	<i>S. purpeofuscus</i>	13,0	6,0	2166,0
F2-8	<i>S. cirratus</i>	10,3	38,3	269,7
F2-10	<i>S. fumosus</i>	10,36	25,4	407,8
F2-14	<i>S. werraensis</i>	11,87	34,1	348,1
F2-16	<i>S. vastus</i>	11,46	26,6	430,8
F2-17	<i>S. ramulosus</i>	9,95	34,9	285,1
F2-20	<i>S. hygroskopicus</i>	10,8	23,5	459,5
F2-23	<i>S. pseudogriseolus</i>	9,8	21,0	466,6
F2-28	<i>S. xanthocidicus</i>	10,19	2,6	391,9
Среднее		10,7±1,01		381,4±66,6

Экологические функции актиномицетов в почве связаны с разложением растительных полимеров, значительная доля которых представлена целлюлозой. Целлюлозолитическую активность природных изолятов определяли на среде с добавлением карбометилцеллюлозы (КМЦ) в качестве единственного источника углерода. В зависимости от величины зоны разрушения полимера исследуемые штаммы были разделены на группы со слабой (тест-зона не бо-

лее 20 мм), умеренной (тест-зона изменяется от 21 до 30 мм) и сильной (тест-зона не менее 31 мм) целлюлозолитической активностью. В той и другой почве треть изолятов проявила слабую целлюлолитическую активность или же не проявила таковой вовсе. Сильной целлюлозолитической активностью характеризовались изоляты из почвы Хункэна (величина тест-зон более 45 мм) *S. nigrifaciens* F1-7 и F1-15. Несколько уступали им культуры *S. pseudogriseolus* F2-21 и *S. corchorusii* F2-24 (тест-зоны 37 и 33 мм соответственно), выделенные из почвы Чжанчжоу. Остальные штаммы стрептомицетов характеризовались умеренной целлюлозолитической активностью. По средней величине зон разрушения КМЦ выборки из почв Хункэна ( $21,2 \pm 13,2$  мм) и Чжанчжоу ( $18 \pm 12,4$  мм) различались несущественно.

Таким образом, в результате проведенных исследований получены данные, характеризующие биосинтетический потенциал природных изолятов стрептомицетов из двух желтоземных почв. Выявлены перспективные штаммы с широкой антагонистической и целлюлолитической активностью для включения в коллекцию биотехнологически перспективных культур микроорганизмов.

*Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.*

#### Литература

1. Demain A. L., Fang A. Emerging concepts of secondary metabolism in actinomycetes // *Actinomycetologia*. 1995. V. 9. P. 98–117.
2. Namedi J., Mohammadipannah F. Biotechnological application and taxonomical distribution of plant growth promoting actinobacteria // *Journal of industrial microbiology & biotechnology*. 2015. V. 42. №. 2. P. 157–171.
3. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. Ред. Дж. Хоулт, Н. Криг, П. Снит, Дж. Стейли, С. С. Уилльямс. М.: Мир, 1997. Т. 2. 800 с.
4. Гаузе Г. Ф., Преображенская Т. П., Свешникова М. А., Терехова Л. П., Максимова Т. С. Определитель актиномицетов. Роды *Sreptomycetes*, *Streptoverticillium*, *Chainia*. М.: Наука, 1983. 248 с.
5. Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках. М.: Высшая школа, 1979. 485 с.
6. Teather R. M., Wood P. J. Use of congo-red polysaccharide interaction in enumeration and characterization of cellulolytic bacteria the bovine rumen // *Appl. Environ Microbiol*. 1982. V. 43. P. 777–780.
7. Libbert E., Risch H. Interactions between plants and epiphytic bacteria regarding their auxin metabolism // *Physiol. Plantarum*. 1969. V. 22. P. 51–58.
8. Лакин Г. Ф. Биологическая статистика. Минск: Высшая школа, 1990. 352 с.

## РОЛЬ МИКРОМИЦЕТОВ В БИОСОРБЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

С. Г. Скугорева<sup>1,2,3</sup>, Л. И. Домрачева<sup>1,2</sup>, Г. Я. Кантор<sup>2,3</sup>  
<sup>1</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,  
<sup>3</sup> Вятский государственный университет

Микроскопические грибы являются одними из наиболее стабильных представителей почвенной микробиоты. Не случайно именно эта группа организмов широко используется в биомониторинговых исследованиях. Доказано, что наиболее информативными показателями, используемыми для диагностики состояния экосистем, можно считать соотношение в структуре популяций грибов с пигментированным и бесцветным мицелием; соотношение их быстро и медленно растущих видов; споровой и мицелиальной биомассы; общую численность микромицетов при высоком уровне техногенных нагрузок; индексы разнообразия грибов и др. [1–4].

Другой аспект возникновения новой волны широкого интереса к изучению микромицетов связан с их способностью к обезвреживанию поллютантов различной химической природы, что столь актуально в условиях высокого техногенного загрязнения окружающей среды. Среди приоритетных загрязнителей выделяют тяжелые металлы (ТМ). Попадая в живые организмы, ТМ вызывают различные морфологические и функциональные изменения в клетках, которые приводят их либо к гибели, либо к адаптации. Наиболее явно проявляется действие ТМ на микробные комплексы вследствие чрезвычайно короткого жизненного цикла микроорганизмов, в том числе и грибов. ТМ влияют на различные показатели состояния грибных популяций. Поиск микроорганизмов, аккумулирующих и трансформирующих ТМ из окружающей среды, – одна из важных задач биотехнологии. В данной работе представлен краткий литературный обзор биосорбционных возможностей различных групп микроскопических грибов по отношению к ТМ.

Ярко выраженная способность к биосорбции ТМ доказана для представителей микромицетов из родов *Mucor*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Ulocladium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Verticillium*, *Stachybotrys*, многих дрожжей и др. [5–10].

Приведем отдельные примеры биосорбционных возможностей микромицетов по отношению к различным ТМ. Например, при исследовании влияния микроскопических грибов родов *Mucor* и *Trichoderma* на подвижность Cu, Zn и Ni в модельных условиях было показано, что жизнедеятельность исследованных микроорганизмов ведет к увеличению подвижности всех изучаемых элементов и уменьшению их в составе органического вещества, что связывают с разложением почвенного органического вещества микромицетами [11]. На примере 34 штаммов 22 видов мицелиальных почвенных грибов в модельном опыте был обнаружен факт их положительного хемотропизма к

ионам меди. При этом наблюдались морфологические изменения грибного мицелия, которые проявлялись в формировании мицелиальных тяжей и ведьминых метел [12]. Наиболее активными сорбентами Cu были штаммы *Cladosporium cladosporioides* и *Stachybotrys chartarum*. Сорбция ионов меди была выше у штаммов грибов, выделенных из современных почв, по сравнению с теми, которые выделены из археологических почв. Меланинсинтезирующие штаммы грибов сорбировали ионов меди больше, чем светлоокрашенные.

Микромицет *Verticillium marquandii* способен поглощать до 80% Zn из щелочного черного шлака, который является отходом металлургических предприятий и содержит 20% данного металла [10].

Среди особенно стойких к загрязнению организмов, как правило, оказываются и грибы рода *Fusarium* [5]. Неоднократно отмечалось доминирование грибов рода *Fusarium* в почвах, загрязненных ТМ. Например, доказано увеличение численности фузариумов в урбаногемах г. Новосибирска [13] и г. Москвы [1]. В модельных опытах было показано, что степень извлечения ионов меди из раствора культурой гриба *F. oxysporum* составляет 58,8%, а никеля – 36,5% [14]. Подробное изучение сорбции ионов свинца мицелием гриба *F. culmorum* из раствора нитрата свинца с концентрацией  $10^{-4}$  моль/л показало, что через 1 сутки экспозиции происходило снижение концентрации  $Pb^{2+}$  в растворе и накопление элемента в мицелии [15, 16]. При этом показано, что наиболее активно процесс сорбции ионов свинца мицелием фузариума шел в первые минуты эксперимента, затем скорость сорбции постепенно уменьшалась. В 2,2 раза большей сорбционной способностью отличался сухой мицелий гриба по сравнению с прокаленным.

В качестве биосорбента особый интерес представляют дрожжи. Дрожжевую биомассу можно успешно использовать для биосорбции таких металлов, как Ag, Au, Cd, Cr, Co, Ni, U, Pb, Th, Zn. Эффективными биосорбентами металлов являются дрожжи родов *Saccharomyces*, *Candida*, *Pichia* [17]. Показана также возможность биоаккумуляции ТМ Cu, Co, Zn из воды суспендированными в ней клетками дрожжей *Kluveromyces marxianus* [18]. Степень аккумуляции зависела от концентрации металлов и возраста дрожжевой культуры. Молодые клетки (18 часов) лучше удаляли Cu, Co, старые (24 часа) – Zn. Аккумуляция Cu и Co мертвыми клетками была, соответственно, на 61 и 75% выше, чем живыми. Имобилизованные клетки удаляли в 1,6, 1,5 и 1,3 раза больше Cu, Co и Zn, чем свободные. На примере использования дрожжей *Rhodotorula glutinis* было установлено, что они обладают способностью в течение 10 мин. сорбировать 80% свинца из водных растворов [19]. Оптимальные значения pH для удаления Pb составляют 4,5–5,0. Эффективность сорбции резко возрастала при увеличении концентрации биомассы дрожжей до 2 г/л и далее сохранялась практически постоянной. Максимальная способность к сорбции Pb составляла 73,5 мг/г биомассы.

Изучение механизма устойчивости микромицетов к ТМ показывает, что среди факторов, его определяющих, существенное значение имеет способ-



ность грибов к синтезу меланинов [20, 21]. Более того, отмечают, что при глубинном культивировании в присутствии солей ТМ темную окраску приобретает биомасса многих грибов с неокрашенным мицелием в контрольном варианте [6]. Еще одним защитным механизмом при действии ТМ является усиленный синтез микромицетами различных органических соединений, в первую очередь, органических кислот, выделяемых в окружающую среду [22, 23]. Под влиянием ТМ, в частности, происходит стимуляция образования оксалатов, которые на мицелии формируются в виде кристаллогидратов. Повышению сорбционной активности и сохранению жизнеспособности грибов в присутствии ТМ способствует и особое строение поверхностных структур [24]. Некоторые грибы обладают молекулярными механизмами, регулирующими потребление ионов ТМ, внутриклеточное их распределение, хранение и вывод из клетки, при этом происходит изменение активности ключевых ферментов (гексакиназы, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, малатдегидрогеназы, изоцитратдегидрогеназы) [25].

Способность микромицетов улавливать ТМ из окружающей среды является практической основой для создания микологических биосорбентов. Биосорбент должен удовлетворять как минимум трем требованиям: быть безопасным для человека и для окружающей среды; существенно понижать концентрацию ТМ при сравнительно не больших массе и размерах; его применение должно быть экономически целесообразно. К сожалению, одни из наиболее эффективных биосорбентов ТМ грибы рода *Fusarium*, в отдельных случаях способные к 100-процентному удалению поллютанта, обладают повышенной патогенностью и токсичностью к растениям, животным и людям. Поэтому исследования по изучению сорбционной активности фузариев должны непременно сопровождаться способами их обезвреживания с одновременным сохранением сорбционной активности.

Важнейшими из характеристик техники исследований является продолжительность контакта культуры с токсикантом, состояние (физиологическое, агрегатное и т. д.) организмов, концентрация ионов ТМ. Во время продолжительных контактов с токсикантами есть возможность изучить изменения многих физиологических характеристик микроорганизмов, исследовать их устойчивость, то есть такие исследования очень полезны для пополнения научных знаний о влиянии токсикантов на жизнедеятельность микроорганизмов. Но наиболее перспективными считают биосорбенты с высокой степенью очистки при относительно кратковременном времени контакта. Однако при такой тактике исследований далеко не всегда возможно проследить изменения физиологических показателей. И тот и другой путь исследований являются ценными, а выбор зависит от цели исследования. Оба достаточно трудоемки, но перспективны и актуальны.

*Выполнено в рамках госзадания ВятГУ № 5.4962.2017/БЧ.*

## Литература

1. Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 156 с.
2. Терехова В. А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. М.: Наука, 2007. 215 с.
3. Широких А. А. Грибы в урбоэкосистемах // Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2012. С. 104–120.
4. Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Фокина А. И., Огородникова С. Ю., Кантор Г. Я. Биомониторинг и биотестирование почв // Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий. Киров: О-Краткое, 2008. С. 68–105.
5. Домрачева Л., Трефилова Л., Фокина А. Фузари: биологический контроль, сорбционные возможности. Lap Lambert Academic Publishing, 2013. 183 с.
6. Гончарова И. А., Арашкова А. А., Тригубович А. М., Сосновская Н. Е., Соколова Т. В., Мицкевич А. Г. Связывание ионов тяжелых металлов мицелием плесневых грибов // Современная микология в России. Т. 4. Материалы III Междунар. миколог. форума. М.: Нац. Акад. Микол. 2015. С. 26–27.
7. Лозовая О. Г., Касаткина Т. П., Подгорский В. С. Поиск сорбентов тяжелых металлов среди дрожжей различных таксономических групп // Микробиол. ж. 2004. Т. 66. № 2. С. 92–101.
8. Akthar M. N., Mohan P. M. Bioremediation of toxic metal ions from polluted lake waters and industrial effluents by fungal biosorbent // Curr. Sci. 1995. V. 69. № 12. P. 1028–1030.
9. Ozer A., Ekiz H. I., Ozer D., Kutsal T., Caglar A. A Straged purification process to remove heavy metal ions from wastewater using *Rhizopus arrhizus* // Process Biochem. 1997. V. 32. № 4. P. 319–326.
10. Slaba M., Dlugonski J. Selective recovery of Zn<sup>2+</sup> from waste slag prom a metal-processing plant by the microscopic fungus *Verticillium marquandii* // Biotechnol. Lett. 2000. V. 22. № 21. P. 1699–1704.
11. Беспалова А. Ю., Марфенина О. Е., Мотузова Т. В. Влияние микроскопических грибов на подвижность меди, никеля и цинка в загрязненных альфегумусовых подзолах Кольского полуострова // Почвоведение. 2002. № 9. С. 1066–1071.
12. Olishevskya S. V., Zhdanova N. N. Chemotropism of soil filamentous fungi towards copper ions // Micologia and Phytopathology. 2009. V. 43. № 1. P. 58–67.
13. Артамонова В. С. Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 225 с.
14. Фокина А. И., Злобин С. С., Домрачева Л. И., Трефилова Л. В. Свойства некоторых видов грибов рода *Fusarium* – основа для создания биосорбента тяжелых металлов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 2. С. 49–52.
15. Скугорева С. Г., Домрачева Л. И. Изучение сорбции ионов свинца мицелием гриба *Fusarium culmorum* из раствора нитрата свинца // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ВятГУ, 2017. С. 122–126.
16. Скугорева С. Г., Кантор Г. Я., Домрачева Л. И. Кинетика сорбции ионов свинца мицелием *Fusarium culmorum* // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ВятГУ, 2017. С. 126–130.
17. Подгорский В. С. Касаткина Т. П., Лозовая О. Г. Дрожжи – биосорбенты тяжелых металлов // Микробиологический журнал. 2004. Т. 66. № 1. С. 91–103.
18. Yusef H. H. Bioaccumulation of metal cations by free and immobilized cells of *Kluyveromyces marxianus* // Adv. Food Sci. 1997. V. 19. № 3–4. P. 120–123.
19. Cho Dae Haeng, Kim Eui Yong. Characterization of Pb<sup>2+</sup> biosorption from aqueous solution bi *Rhodotorula glutinis* // Bioprocess and Biosyst. Eng. 2003. № 5. P. 271–277.

20. Гончарова И. А., Ровбель Н. М., Бабицкая В. Г., Соколова Т. В., Пехтерева В. С. Влияние кислотности растворов на сорбцию меди меланинсинтезирующими грибами // Микробиология и биотехнология на рубеже 21 столетия: Материалы междунар. конф. Минск, 2000. С. 38–40.

21. Yang H., Li Zhijan, Wang N., Huang Huaizeng. Mechanisms of cadmium resistance and absorption of a yeast strain *Rhodotorula* sp. YII // *Sci. Chin. D.* 2005. V. 48. P. 262–268.

22. Сазанова К. В., Власов Д. Ю., Осмоловская Н. Г., Щипарев С. М. Закономерности образования органических кислот микромицетами при различных условиях роста // Современная микология в России. Т. 4. Материалы III Междунар. миколог. форума. М.: Нац. Акад. микол. 2015. С. 41–42.

23. Arwidsson Z., Johansson E., von Kronhelm T., Allard B., van Hees P. Remediation of metal contaminated soil by organic metabolites from fungi. I. Production of organic acids // *Water, Air, and Soil Pollut.* 2010. V. 205. № 1–4. P. 215–226.

24. Багаева Т. В., Зинурова Е. Е. Влияние структуры поверхности микроорганизмов на процесс биосорбции ионов металлов из растворов // *Вода: химия и экология.* 2010. № 1. С. 21–26.

25. Krumova E. T., Stoitsova S. R., Paunova-Krasteva T. S., Pashova S. B., Angelova M. B. Copper stress and filamentous fungus *Humicola lutea* 103 – ultrastructural changes and activities of key metabolic enzymes // *Can J Microbiol.* 2012. V. 58 (12). P. 1335–1343.

## УСТОЙЧИВОСТЬ КУЛЬТУР ЧЕРНОГО АСПЕРГИЛЛА К БЕЛОМУ ФОСФОРУ. ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ

*А. З. Миндубаев<sup>1</sup>, Э. В. Бабынин<sup>2</sup>, А. Д. Волошина<sup>1</sup>, Е. К. Бадеева<sup>1</sup>,  
С. Т. Минзанова<sup>1</sup>, Г. Г. Кабирова<sup>3</sup>, Р. К. Шайхутдинов<sup>3</sup>, А. А. Синицина<sup>3</sup>,  
А. А. Шарипов<sup>3</sup>, А. Н. Махиянов<sup>3</sup>, Д. Б. Пискунов<sup>3</sup>, Д. К. Реджепов<sup>3</sup>,  
С. М. Озерская<sup>4</sup>*

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

<sup>2</sup> *Казанский (Приволжский) федеральный университет,*

<sup>3</sup> *Казанский национальный исследовательский технологический университет,*

<sup>4</sup> *Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрябина  
Российской академии наук*

Метод биодegradации используется для очистки сточных вод уже сотню лет. Тем не менее, еще лет двадцать-двадцать пять назад считалось, что способность к метаболизму ксенобиотиков у микроорганизмов очень ограничена, и большинство из них ими не используется. Но в настоящее время убедительно показана способность как аэробных, так и анаэробных микроорганизмов к деградации ксенобиотиков. Наши более ранние работы [1–3] посвящены микробиологическому превращению токсичнейшего элементного (белого) фосфора в биогенный фосфат. Фактически, выполненная нашим коллективом работа является первым задокументированным примером усвоения искусственного ксенобиотика белого фосфора биосферой, то есть возможности применения метода еще далеко не исчерпаны. В данной работе представлено дальнейшее развитие исследований биодegradации белого фосфора.

Пересев культуры *A. niger* AM1 произведен по стандартной схеме, в трех повторах. Через 49 суток во всех повторах колонии были покрыты черной россыпью спор. Это доказывает, что и в среде с белым фосфором аспергилл может сохранять нормальную фертильность. Обращает на себя внимание тот факт, что в одном повторе колония стала развиваться быстрее, чем в других, хотя условия были совершенно идентичны. Возможно, это следствие мутации, обеспечившей лучшую приспособленность к необычным (и экстремальным) условиям существования.

Для сравнения устойчивости к белому фосфору нескольких культур черного аспергилла, применялся наш штамм *Aspergillus niger* AM1, а также три штамма из Всероссийской коллекции микроорганизмов при ИБФМ им. Г. К. Скрыбина: FW-650, FW-2664 и FW-2731, выделенные из арктических вечномерзлых грунтов (Таглу (Канада), многолетнемерзлые отложения, возраст – 170 лет, глубина 20,50–20,55 м; Камчатка (Россия), пепел вулканический мерзлый, глубина 1,8–1,85 м; Камчатка (Россия), мерзлота, вулканический пепел, соответственно).

Культуры высевались в планшеты Corning, скорость роста оценивалась микропланшетным ридером Infinite F200 Pro, Tecan (Австрия) по интенсивности поглощения света  $\lambda$  550 нм. Максимальная концентрация белого фосфора достигала 1%. Для сравнения высевались культуры бактерий *Achromobacter xylosoxidans*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus firmus* и *Salmonella typhimurium*. Целью данных исследований являлось обнаружение минимальной ингибирующей концентрации (МИК) белого фосфора для перечисленных микроорганизмов.

Для установления природы устойчивости аспергилла к  $P_4$  произведен посев в среду с фосфатом в качестве источника фосфора. Подросшую культуру снова пересеяли в среду с 0,2% белого фосфора. В качестве контроля посеяли также *A. niger* AM1, до этого росший в среде с белым фосфором.

С целью оценки цитогенетического действия фосфора использовали тест-систему *Allium cepa* [4]. На каждом препарате учитывали общее количество клеток, количество делящихся клеток, находящихся в той или иной стадии митоза. На основании полученных данных определили митотический индекс (МИ), распределение клеток по стадиям митоза. Митотический индекс показывает отношение числа клеток, находящихся в митозе, к общему числу проанализированных клеток, исследованных на препарате изучаемой ткани [5].

Очень интересно спонтанное появление в среде с белым фосфором культуры *A. niger* AM1 с измененной морфологией и окраской, быстрее растущей в среде с исследуемым ксенобиотиком. Возможно, это результат мутации и дальнейший этап адаптации микроорганизма к среде, содержащей белый фосфор. На 53 день между лидирующей в росте культурой и остальными накопилось еще больше различий. Через 55 суток после посева лидирующая культура стала вырабатывать пигмент и приобретать более насыщенную желтую окраску. Через 56 суток она стала оранжевой [6]. Колонии в остальных двух повторах растут медленнее и имеют гораздо более светлую окраску

(рис. 1). Через 59 суток окраска лидирующей колонии была визуальнo охарактеризована как темно-оранжевая. Окрасилась не только колония, но и культуральная среда, т.е. пигмент хорошо растворим в воде. Примерно в это время мы дали этому аспергиллу неофициальное название «рыжий гриб».



Рис. 1. Второй посев *A. niger* AM1. Крайняя справа колба – стерильная среда. Крайняя слева – культура аспергилла, отличающаяся от прочих усиленным ростом («рыжий гриб»). Обращает на себя внимание необычно яркая окраска этой культуры. Две колбы в центре – остальные повторы посева, растущие медленнее. Снимок сделан через 73 суток после посева.

Через 180 суток произвели пересев «рыжего» *A. niger* AM1. Через две недели колония созрела. Культура, судя по виду и окраске спор, безусловно, является черным аспергиллом, но морфология колонии необычная. Воздушный мицелий низкий, споры формируются почти на поверхности среды. В первые двое суток культура отличалась от предковой выделением в среду желтого пигмента, но после созревания спор становилась такой же черной и неотличимой. Это является еще одним свидетельством того, что в культуре произошла мутация. Детальное изучение морфологии этого аспергилла продемонстрировало его сходство с предковым AM1. А судя по тому, что «рыжий» гриб эффективнее набирал биомассу в среде с белым фосфором, эта мутация повышает его приспособленность к существованию в данной среде.

Оказалось, что все четыре штамма *A. niger* выдерживают концентрацию белого фосфора 1%. МИК для них так и не была найдена. По-видимому, высокая устойчивость к белому фосфору – признак, характеризующий все черные аспергиллы. Тем не менее, при концентрациях 0,5 и 0,25% штамм AM1 рос быстрее, т.е. оказался более устойчивым (рис. 2). Для бактерий МИК была найдена и составила для *A. xylooxidans* 0,125%, *B. firmus* 0,25%, *Pseudomonas aeruginosa* и *S. typhimurium* 0,5%. Из этого следует вывод, что черные аспергиллы более устойчивы к белому фосфору по сравнению с бактериями. Этот вывод совпадает с результатами, полученными нами ранее [7].

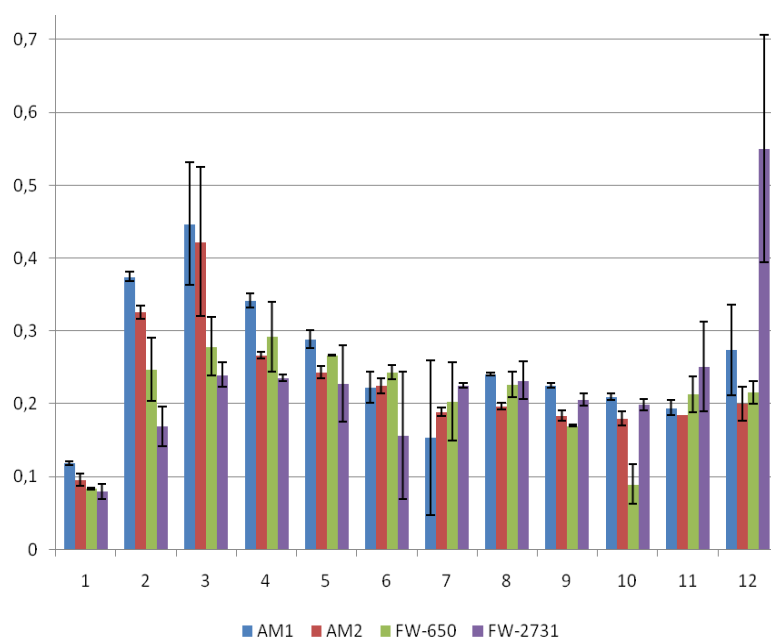


Рис. 2. Сравнение роста четырех штаммов *A. niger* в присутствии белого фосфора

На оси абсцисс 1 соответствует концентрации 0,5%, 2–12 – дальнейшие разбавления вдвое (0.25%, 0.125% и т. д.).

Ожидалось, что после роста в благоприятных условиях – в среде с фосфатом – *A. niger* AM1 мог утратить устойчивость к белому фосфору. В действительности, гриб, росший до пересева на фосфате, продолжал расти [8]. Из этой картины можно сделать вывод, что резистентность к белому фосфору у исследуемого нами штамма черного аспергилла закреплена в геноме, и является наследуемым признаком, передающимся в ряду поколений даже в отсутствие  $P_4$ .

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

Таблица

**Митотический индекс при различных концентрациях белого фосфора**

	Контроль	0,008%	0,012%	0,016%
MI	7,25±1,15	3,31±0,88	2,35±0,65	1,35±0,25
М/Р-метафаза/профаза отношение	0,77	0,72	0,64	0,42

Обнаружение у белого фосфора генотоксических свойств не является неожиданностью. Тем не менее, в более ранних работах генотоксичность у  $P_4$  обнаружена не была. Возможно, это результат недостаточной глубины исследования. Судя по всему, мы первые применили для этой цели *Allium* тест, и

этим методом генотоксичность белого фосфора впервые была продемонстрирована. Вполне возможно, что и обнаруженная в наших исследованиях генотоксичность белого фосфора обусловлена образованием реакционноспособных метаболитов, образующих аддукты с азотистыми основаниями ДНК [9].

*Эта работа была выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 15-29-02629 офи\_м и Фонда содействия инновациям, проект № С1-34299.*

### Литература

1. Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Бабынин Э. В., Бадеева Е. К., Хаяров Х. Р., Минзанова С. Т., Яхваров Д. Г. Микробиологическая деградация белого фосфора // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 1. С. 33–37.
2. 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 родного края: проблемы и пути их решения: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров, 2016. С. 188–191.
3. Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Сахапов И. Ф., Кулик Н. В., Валидов Ш. З., Бабынин Э. В., Яхваров Д. Г. Изучение биodeградации белого фосфора // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2017. С. 335–340.
4. Fiskesjo G. Allium test for screening chemical evaluation of cytological parameters / in Wang W., Gorsuch J. W., Hughes J. S. Plants for Environmental Studies // 6005 J.S. (Eds), New York, NY: CRC Lewis Publishers. 1997. P. 307–333.
5. Прохорова И. М., Ковалева М. И., Фомичева А. Н. Генетическая токсикология: лабораторный практикум. Ярослав. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. Ярославль. 2005. 132 с.
6. Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Хаяров Х. Р., Сахапов И. Ф., Бадеева Е. К., Стробыкина А. С., Валидов Ш. З., Бабаев В. М., Минзанова С. Т., Миронова Л. Г., Акосах Й. А., Яхваров Д. Г. Динамика превращений белого фосфора культурой черного аспергилла // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 51. № 8. С. 1–26.
7. Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Горбачук Е. В., Кулик Н. В., Алимova Ф. К., Минзанова С. Т., Миронова Л. Г., Сапармырадов К. А., Хаяров Х. Р., Яхваров Д. Г. Включение белого фосфора в природный круговорот веществ. Культивирование устойчивой микрофлоры // Бутлеровские сообщения. 2015. Т. 41. № 3. С. 54–81.
8. Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Бабынин Э. В., Валидов Ш. З., Сапармырадов К. А., Хаяров Х. Р., Бадеева Е. К., Барсукова Т. А., Минзанова С. Т., Миронова Л. Г., Акосах Й. А., Яхваров Д. Г. Обезвреживание белого фосфора посредством микробиологического разложения // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 52. № 12. С. 87–118.
9. Миндубаев А. З., Акосах Й. А., Яхваров Д. Г. Фосфиноксид как предполагаемый интермедиат биологических процессов // Бутлеровские сообщения. 2018. Т. 53. № 3. С. 1–34.

## ВЛИЯНИЕ АВТОШАМПУНЕЙ И ЛАУРИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ НА КАТАЛАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ В ПЕСКЕ И ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

**В. С. Симакова<sup>1,2</sup>, С. Ю. Огородникова<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
*vasilina.simakova.1989@mail.ru*

<sup>2</sup> Вятский государственный университет,

<sup>3</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, *svetao\_05@mail.ru*

Ферментативная активность почв является одним из важнейших показателей, которые характеризуют состояние почвенного биотического комплекса [1, 2]. Почвенные ферменты тесно связаны с функционированием в почвах микроорганизмов. Ферменты, которые катализируют окислительно-восстановительные реакции относят к классу оксидоредуктаз [3]. Наиболее распространены в почвах такие оксидоредуктазы, как каталазы, дегидрогеназы, пероксидазы, полифенолоксидазы и другие [4–6].

Фермент каталаза разлагает ядовитую для клеток перекись водорода, образующуюся в процессе дыхания живых организмов и в результате различных биохимических реакций окисления органических веществ, на воду и молекулярный кислород.

С помощью данного фермента происходит как максимальное «дыхание почвы», так и доступ аэробных микроорганизмов к органическим остаткам и способному активному катализу минеральной части [4, 5, 7].

Каталазная активность – наиболее универсальный биоиндикатор состояния почвенных экосистем, так как отражает специфический ответ (усиление или снижение показателей) почвенной биоты на неспецифическое загрязнение [2, 8, 9]. Параметры активности фермента каталазы используют для оценки влияния различных антропогенных факторов на состояние почвенных систем [6].

Разные виды антропогенного воздействия на почву вызывают определенные изменения ее микробиологических параметров. Поллютанты, попадая в почву при техногенном загрязнении, могут оказывать как острое, так и хроническое действие на развитие микробоценозов.

К числу поллютантов, циркулирующих в природных экосистемах, относятся синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), которые широко применяются в промышленности и содержатся во многих средствах бытовой химии. Также резкое увеличение количества легковых автомобилей привело к увеличению автомоек с применением в них СПАВ в виде автошампуней [10].

Цель работы – изучить влияние цианобактерии *Nostoc paludosum* и автошампуней Uni, Felix, Концентрат и лаурилсульфата натрия на активность почвенной каталазы.



В качестве объектов исследования были выбраны стерильный песок и нестерильная дерново-подзолистая среднесуглинистая почва, которую отбирали с участка расположенного в г. Кирове (район ТЭЦ-5). Пробы почв отбирали с поверхностного слоя (0–10 см) в летний период.

Цианобактерию (ЦБ) *Nostoc paludosum* выращивали в течение 12 недель при  $t^{\circ} = +22\text{--}24^{\circ}\text{C}$  и 12-часовом освещении. Контролем служил вариант без добавления автошампуней, но с внесением ЦБ.

В первой серии опытов в стерильный песок и в нестерильную почву вносили ЦБ *N. paludosum*, дистиллированную воду и автошампуни трех марок Концентрат (производство ООО ПК «АБХим» г. Киров), Felix (г. Дзержинск, Нижегородская область) и Uni (Германия) в концентрациях, рекомендованных для мытья машин (рекомендованная доза – 1 р.д.). Продолжительность опыта 7 суток.

Во второй серии опытов в нестерильную почву вносили ЦБ *N. paludosum* и раствор лаурилсульфата натрия (ЛСН) (производство Panreac, Испания) в концентрациях, рекомендуемых для практического использования – расчетных дозах (р. д.): 0,25; 0,5; 1; 2; 4. Раствор, содержащий 1 р.д. ЛСН, готовили путем растворения 130 мг ЛСН в 1000 мл воды. Продолжительность опыта 7 суток.

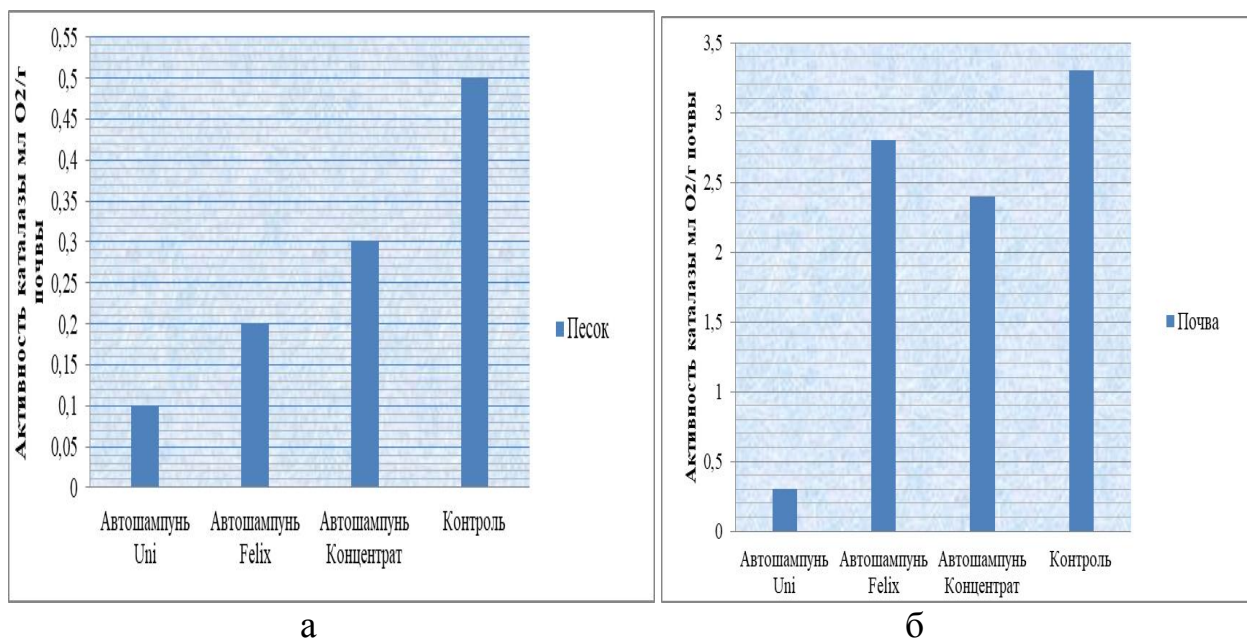


Рис. 1. Влияние ЦБ *N. paludosum* и автошампуней в концентрации 1 р.д. на активность каталазы в песке и в почве в ДПП

Примечание: 1 а – песок; 1 б – почва.

Каталазную активность измеряли газометрическим методом [11]. Активность каталазы выражали в мл кислорода, выделившегося за 1 минуту на 1 г воздушно-сухой почвы.

Анализ данных по активности почвенной каталазы в песке показал, что в контрольном варианте активность каталазы имеет самое большое значение

и составляет 0,5 мл O<sub>2</sub>/г. По-видимому, высокая каталазная активность обусловлена жизнедеятельностью ЦБ, внесенных в песчаный субстрат. В вариантах опыта с добавлением автошампуней активность почвенной каталазы была значительно меньше, по сравнению с контролем. Минимальная активность каталазы отмечена в варианте с внесением в песок ЦБ и автошампуня Uni. Возможно, компоненты автошампуня вызывали угнетение жизнедеятельности ЦБ, что привело к снижению активности каталазы.

В почве, как и в песке, максимальная каталазная активность была отмечена в контрольном варианте (3,3 мл O<sub>2</sub>/г почвы). В варианте с внесением в почву ЦБ и автошампуня Uni была отмечена самая низкая активность каталазы, она была в 8 раз меньше по сравнению с контролем.

Был определен уровень каталазной активности в почве при внесении ЦБ и двух марок автошампуней Концентрат и Uni, а также ЛСН (рис. 2).

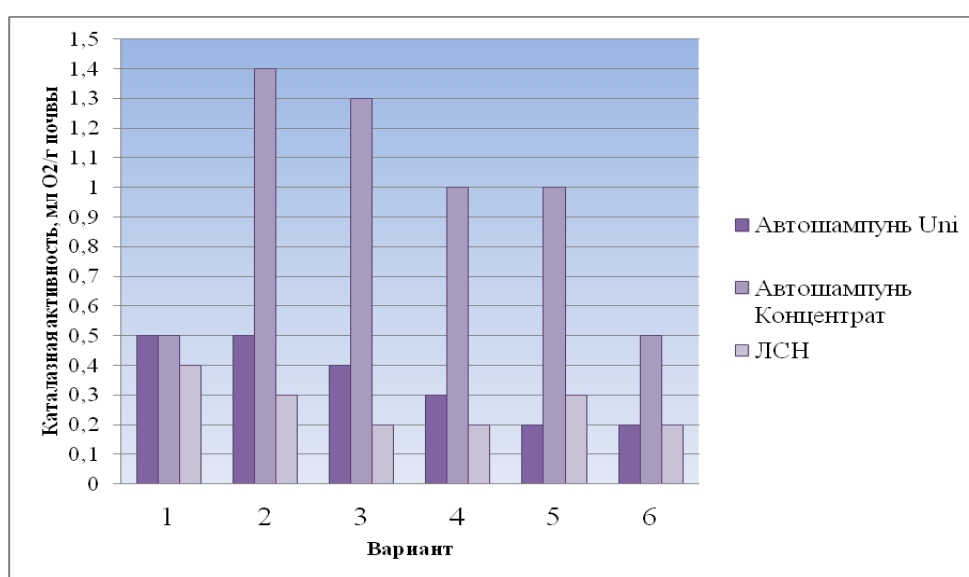


Рис. 2. Влияние ЦБ *N. paludosum* и автошампуней (Uni, Концентрат) и лаурилсульфата натрия (ЛСН) на активность каталазы в почве

Примечание: р. д. – рекомендуемая доза. 1 – контроль; 2 – 0,25 р. д.; 3 – 0,5 р. д.; 4 – 1,0 р. д.; 5 – 2,0 р.д.; 6 – 4,0 р.д.

В почве с ЦБ *N. paludosum* и автошампунем марки Концентрат, отмечали высокий уровень каталазной активности, активность фермента варьировала в диапазоне 0,5–1,4 мл O<sub>2</sub>/г почвы. В контрольном варианте и в варианте с добавлением автошампуня Концентрат в количестве 4,0 р. д. наблюдали минимальные значения активности фермента каталаза (0,5 мл O<sub>2</sub>/г почвы). В вариантах с присутствием в почве ЦБ и низких доз автошампуня Концентрат (0,25 и 0,5 р.д.) отмечали максимальную активность каталазы, далее с ростом концентрации автошампуня активность фермента снижалась. Коэффициент корреляции между активностью каталазы и возрастающими концентрациями автошампуня Концентрат составлял -0,47.

Отмечали снижение активности каталазы в вариантах опыта с добавлением к почве с ЦБ автошампуня марки Uni и ЛСН.

Внесение в почву с ЦБ автошампуня марки Uni в диапазоне концентраций от 0,25 до 4 р.д. приводило к ингибированию активности каталазы. С увеличением количества внесенного автошампуня в почву с ЦБ активность каталазы снижалась. Выявлена тесная обратная связь между активностью каталазы и дозой внесенного в почву автошампуня. Коэффициент корреляции между активностью каталазы и возрастающими концентрациями автошампуня марки Uni был равен -0,86.

Добавка в почве ЦБ и лаурилсульфата натрия вызывала угнетение активности каталазы. Активность почвенной каталазы в вариантах с ЛСН была 0,2 – 0,3 мл O<sub>2</sub>/г почвы, что составляет 50–75% от контроля.

Таким образом, в первой серии опыта активность фермента каталаза в почве была выше по сравнению с песком, что обусловлено большей биологической активностью почвы, по сравнению с песком в который содержал только ЦБ. В опытах с внесением в почву и песок ЦБ и автошампуней выявлена сходная ответная реакция почвенной каталазы на автошампунь Uni, который вызывал максимальное снижение активности фермента. Значительное ингибирование активности почвенной каталазы под влиянием автошампуня Uni свидетельствует о токсичности его компонентов для почвенных микроорганизмов. Добавка в почву с ЦБ автошампуня Концентрат в количествах 0,5–2 р.д. приводила к возрастанию активности почвенной каталазы, что, возможно, обусловлено стимулирующим действием компонентов автошампуня на интенсивность окислительных процессов в почве.

*Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.*

### Литература

1. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
2. Семиколенных А. А. Каталазная активность почв северной тайги (Архангельская область) // Почвоведение. 2001. № 1. С. 90–96.
3. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.
4. Гулько А. Е., Хазиев Ф. Х. Фенолоксидазы почв: продуцирование, иммобилизация, активность // Почвоведение. 1992. № 11. С. 55–67.
5. Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы. М.: Наука, 1987. 245 с.
6. Хазиев Ф. Х., Гулько А. Е. Ферментативная активность почв фитоценозов и перспективы ее изучения // Почвоведение. 1991. № 8. С. 88–103.
7. Щемелинина Т. Н., Новоселова Е. И., Киреева Н. А., Маркарова М. Ю. Диагностирование степени загрязненности почв нефтью по показателям ферментативной активности // Вестник ОГУ. 2007. № 75. С. 432–434.
8. Мотузова Г. В., Безуглова О. С. Экологический мониторинг почв. М.: Академический Проект, 2007. 237 с.
9. Даденко Е. В., Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Изменение ферментативной активности при хранении почвенных образцов // Почвоведение. 2009. № 2. С. 1481–1486.
10. Хазиев Ф. Х. Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. 179 с.

11. Хабибуллина Ф. М., Кузнецова Е. Г., Васенева И. З. Микромицеты подзолистых и болотно-подзолистых почв в подзоне средней тайги на северо-востоке европейской части России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1228–1234.

## **РАЗРАБОТКА БИОАНОДОВ НА ОСНОВЕ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ БИОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МАКЕТЕ БИОТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА**

*А. П. Калейник, В. О. Паславская, С. В. Алфёров*  
*Тулский государственный университет, anastasiya.kaleynik@bk.ru*

Биотопливный элемент (БТЭ) – это устройство, преобразующее химическую энергию органических соединений в электричество посредством их окисления микроорганизмами. Также, как и топливный элемент микробный топливный элемент является теоретически весьма высокоэффективным устройством, но в отличие от топливных элементов, работающих на водороде или метаноле, могут использовать сточные воды производств, что делает их весьма эффективными средствами не только для производства электрической энергии, но и защиты окружающей среды от загрязняющих веществ содержащихся в данных субстратах [1].

Основной задачей биокатализатора является преобразование электрохимически неактивного топлива (углеводы, органические кислоты, спирты, а также органические отходы) и содержащиеся в нем химические энергии в электрическую энергию. БТЭ делятся на два типа, в зависимости от вида биокатализатора: ферментные топливные элементы (ФТЭ) и микробные топливные элементы (МТЭ). Использование БТЭ дает возможность одновременного решения энергетической и экологической проблем [2].

В качестве биокатализатора для БТЭ нашли применение уксуснокислые бактерии *Gluconobacter oxydans*, обладающие особой метаболической системой – мембранной локализацией основных ферментов – дегидрогеназ. Использование целых клеток бактерий в БТЭ устраняет необходимость выделения индивидуальных ферментов. Однако, энергетические параметры ферментных топливных элементов значительно выше, чем для БТЭ на основе целых клеток. Существует альтернатива использования ферментов в качестве биокатализаторов, получение которых является длительным и материально дорогим процессом, это применение мембранной фракции бактерий *G. oxydans*.

Ранее был разработан БТЭ на основе биокатализатора в суспендированном виде. Применение такой формы биокатализатора не позволяет использовать его несколько раз, и создает потребность в его постоянном обновлении, что является экономически невыгодным. Иммобилизация биоматериала на поверхности анода позволяет многократно использовать применяемый биокатализатор, что увеличивает долговременную стабильность БТЭ, а также способствует более быстрому и эффективному переносу электронов на электрод.

Таким образом, для повышения эффективности работы макета БТЭ существует необходимость в разработке биоанодов длительного действия, содержащих биокатализатор, закрепленный на поверхности электрода [3].

Целью данной работы являлась разработка биоанодов биотопливного элемента (БТЭ) на основе иммобилизованных целых клеток и мембранной фракции бактерий *Gluconobacter oxydans*.

В задачи работы входило:

1. Иммобилизация целых клеток *G. oxydans* в поливиниловый спирт, модифицированный N-винилпирролидоном на поверхность графитового электрода.

2. Выделение мембранной фракции бактерий методом ультразвукового разрушения целых клеток микроорганизмов с дальнейшим ступенчатым центрифугированием.

3. Иммобилизация мембранной фракции *G. oxydans* в глутаровый альдегид на поверхность графитового электрода.

4. Сравнительная оценка величин генерируемого потенциала, а также долговременной и операционной стабильностей для БТЭ на основе различных видов биокатализатора.

В данном исследовании использовали 2 вида биокатализатора: целые клетки бактерий *G. oxydans* и их мембранная фракция. Культивирование бактерий *G. oxydans* производилось на питательной среде следующего состава: D-сорбит и дрожжевой экстракт, при температуре 28 °С, в течение 18–20 часов. Получение мембранной фракции бактерий проводилось путем разрушения целых клеток ультразвуковым диспергатором с последующим ступенчатым центрифугированием полученного лизата.

БТЭ, основанный на суспензии целых клеток бактерий, не способен вырабатывать достаточную мощность, которая нашла бы применение на практике. Поэтому ставилась задача перехода от суспензии к закрепленному на электроде биокатализатору. Для этого использовали метод включения целых клеток бактерий *G. oxydans* в пленку химически модифицированного поливинилового спирта. Иммобилизация мембранной фракции основана на сшивке ферментов глутаровым альдегидом, который является бифункциональным реагентом и взаимодействует со свободными аминогруппами ферментов, образуя матрицу на электроде [4].

Для оценки эффективности работы полученного модифицированного анода проводилось измерение генерируемого потенциала с помощью гальванопотенциостата ИРС Микро в потенциометрическом режиме. Измеряемым параметром в процессе биокаталитического окисления субстрата в режиме генерации потенциала являлась величина разности потенциалов за время проведения эксперимента.

Величины генерированного потенциала для БТЭ на основе различных биокатализаторов составили:  $300 \pm 10$  мВ для иммобилизованной мембранной фракции бактерий *G. oxydans*, что почти в три раза больше по сравнению с суспензией клеток микроорганизмов, для которых значение потенциала -

120±10мВ, для иммобилизованных целых клеток значение результатов измерений – 250±10мВ, а суспензии мембранной фракции – 220±10мВ.

Операционная стабильность является одной из важнейших характеристик работы электрода. Она показывает устойчивость величины генерируемого потенциала при добавлении одной и той же концентрации субстрата при проведении большого числа последовательных измерений. Для определения операционной стабильности было проведено 10 последовательных измерений с концентрацией глюкозы в анодном отделении 10 ммоль/л. Количество последовательных измерений, благодаря использованию иммобилизованного биокатализатора составляет: для иммобилизованных целых клеток бактерий *G. oxydans* – 8, а для иммобилизованной мембранной фракции не менее 10 (рис. 1).

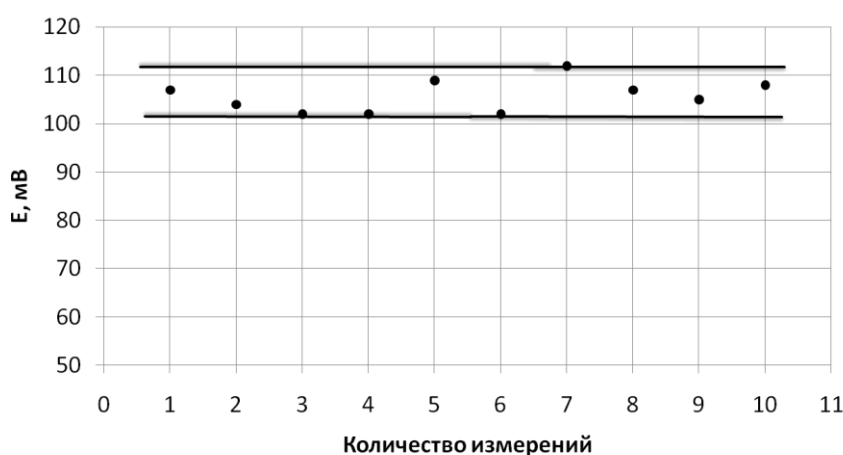


Рис. 1. Операционная стабильность для электрода с иммобилизованным биокатализатором на основе мембранной фракции *G. oxydans*

Долговременная стабильность характеризует устойчивость работы электрода в течение длительного периода времени. За время стабильной работы иммобилизованного электрода принимается время, в течение которого величина генерируемого потенциала составляла не менее 50% от первоначальной активности. Долговременную стабильность определяли путём ежедневного измерения величины генерируемого потенциала с концентрацией глюкозы в анодном отделении 10 ммоль/л. Установлено, что долговременная стабильность для целых клеток бактерий составляет 7 суток, а при использовании мембранной фракции бактерии 5 суток (рис. 2).

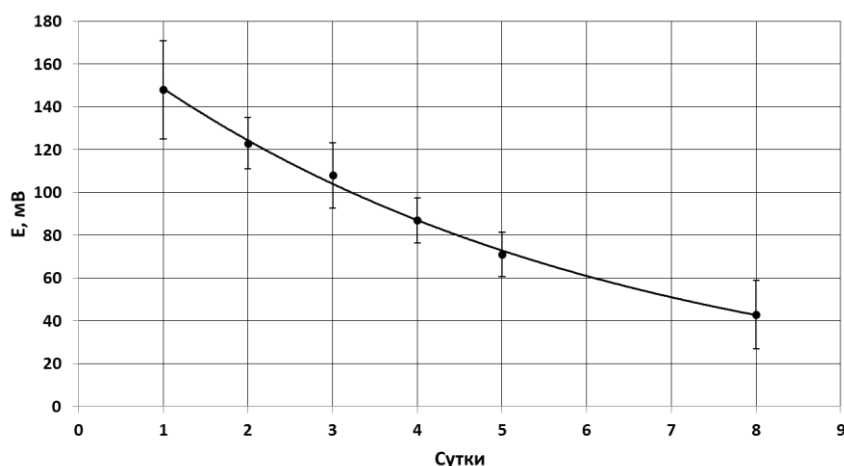


Рис. 2. Долговременная стабильность иммобилизованного биокатализатора на основе мембранной фракции *G. oxydans*

В ходе проведения исследования были разработаны биоаноды с иммобилизованными на его поверхности биокатализаторами: целыми клетками микроорганизмов *G. oxydans* и их мембранной фракции. По итогам проведенной оценки полученных биоанодов можно сделать вывод, что применение биоанода на основе иммобилизованной мембранной фракции бактерий *G. oxydans* является наиболее оптимальным. Его использование позволяет проводить не менее 10 последовательных измерений, а значение генерированного потенциала в БТЭ на основе иммобилизованной мембранной фракции бактерий *G. oxydans* выше, чем для БТЭ на основе других биокатализаторов.

## ЛАБОРАТОРНАЯ МОДЕЛЬ БИОСЕНСОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАННИТА

*Е. В. Емельянова, А. Н. Решетилов*

*Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина РАН,  
elenvem@ibpm.pushchino.ru, anatol@ibpm.pushchino.ru*

Маннит (маннитол) является шестиатомным сахароспиртом, хорошо растворимым в воде. Впервые его обнаружил Проутс в так называемой манне (лишайник *Lecanora (Aspicillia) escubenta*). В другой манне (сладкая жидкость, выделяемая деревьями и кустами под палящими лучами солнца) из ясеня манного содержание маннита достигает 40–50%, а в австралийской манне из растения *Myoporum platycarpum* — до 90%.

Маннит содержится во многих растениях, в том числе в морских водорослях, например, в фукусовых водорослях [1]. Последние являются источником получения маннита. Маннитол продуцируют бактерии, дрожжи, грибы, он широко распространён у базидиальных грибов [2]. Маннит используют как компонент микробиологических сред. Например, при микробном получении вторичных метаболитов алкалоидной природы [3].

В пищевой промышленности сахароспирт используют как подсластитель. Однако его применение в этом качестве не нашло широкого распространения из-за низкой сладости по отношению к сахарозе [4]. Маннитол используют как добавку, препятствующую образованию комков в молочных и других продуктах, а также в качестве осмолита [5]. Маннит не токсичен, однако, не проникая в клетки, он может накапливаться в межклеточном пространстве и вызывать так называемую водную интоксикацию. Поэтому большое значение имеет надежное и быстрое количественное определение маннита.

Для определения сахароспиртов чаще всего используют спектрофотометрию [6], а также газовую и жидкостную хроматографию [7]. Оперативный метод определения содержания маннита может быть основан на использовании сенсорных анализаторов, в том числе микробных сенсоров. Цель настоящего исследования – оценить возможность использования мицелиального гриба *Mucor* sp. 1 для создания лабораторной модели микробного амперометрического сенсора на маннит.

В разрабатываемой модели в качестве рецептора биосенсора выступали живые клетки гриба. Мицелий гриба иммобилизовали на носителе методом, описанным ранее [8]. Полученный рецептор фиксировали на поверхности кислородного электрода типа Кларка, служившего преобразователем. Все измерения проводили в 50 мМ К-На-фосфатном буферном растворе (рН 7,4) при постоянном перемешивании. Измеряемым параметром являлась максимальная скорость изменения силы тока в системе ( $dI/dt$ ) в ответ на внесение маннита в измерительную кювету (ответ биосенсора,  $\mu A/c$ ), которая была пропорциональна изменению потребления кислорода клетками культуры-рецептора.

Созданная лабораторная модель биосенсора на основе клеток *Mucor* sp. 1 позволяла обнаруживать маннит в диапазоне концентраций от  $1 \times 10^{-6}$  до  $1 \times 10^{-3}$  М. На рисунке 1 представлены кривые зависимости ответа биосенсора от концентрации маннита для всего интервала исследованных концентраций (до  $3,85 \times 10^{-3}$  М) и до насыщающих концентраций маннита ( $1 \times 10^{-3}$  М).

Известно, что ответ микробного сенсора определяется двумя процессами: скоростью ферментативной реакции (метаболизм маннита под действием ферментов культуры-рецептора) и скоростью транспорта сахароспирта в микробные клетки рецептора [9].



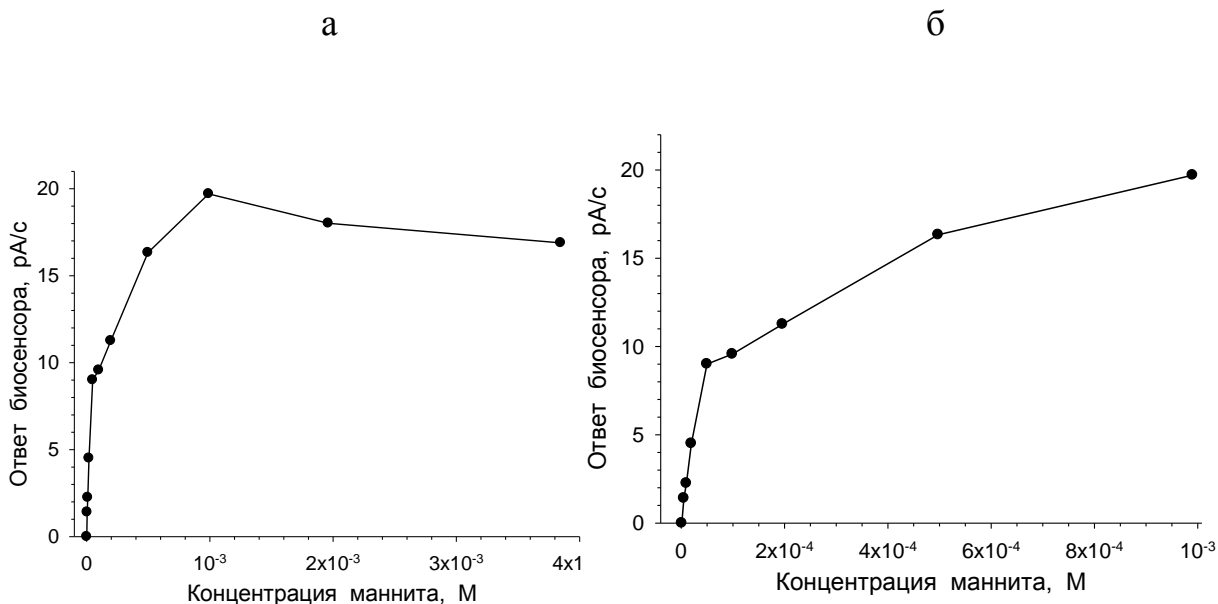


Рис. 1. Зависимость ответа биосенсора от концентрации маннита, полученная: *а* – для всего интервала исследованных концентраций; *б* – до насыщающих концентраций маннита

Полученные нами результаты были обработаны методом обратных величин (метод Лайнуивера и Бэрка): построен график зависимости  $1/V$  от  $1/S$ , где  $V$  – скорость процесса (ответ биосенсора в pA/c), а  $S$  – концентрация субстрата (маннита). Если экспериментально найденные точки ложатся на прямую на графике обратных величин, то это свидетельствует о том, что в клетке действует принцип «узкого места». То есть клетка ведёт себя аналогично простой ферментативной системе, а кинетика процесса (ответ биосенсора) подчиняется соответствующему уравнению ферментативной кинетики [10]. Линейную зависимость на графике  $1/V$  от  $1/S$  наблюдали в интервалах  $5 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-5}$  М и  $2 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$  М (рис. 2а), что может быть связано с наличием нескольких ферментных и транспортных систем, ответственных за формирование ответа микробного сенсора или изменением соотношения вклада каждой в формирование ответа биосенсора. Эти два интервала показаны на графике  $V$  от  $S$  (рис. 2б).

В [11] вольтамперометрический метод был применён для определения маннита, и линейная зависимость каталитического тока от концентрации маннита, как и в нашем случае, наблюдалась в двух интервалах:  $5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-2}$  М и  $5 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-4}$  М. А при использовании высокоэффективной анионообменной хроматографии, совмещённой с импульсной амперометрической детекцией, линейная зависимость была получена в интервале концентраций маннита  $5,5 \times 10^{-7} - 2,7 \times 10^{-5}$  М [12].

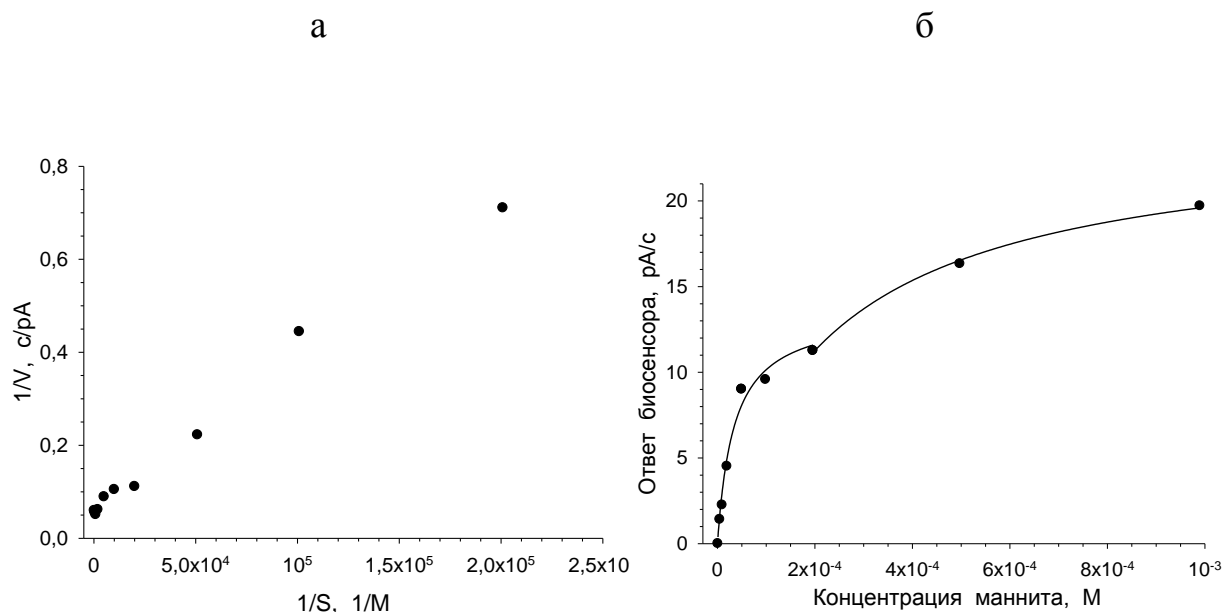


Рис. 2. Зависимость  $1/V$  от  $1/S$  (а) и два интервала на кривой зависимости  $V$  от  $S$  (б)

Для каждого интервала нами были определены кинетические константы, которые приведены в таблице. В нашем случае  $S_{0.5}$  – это комплексная величина, характеризующая прочность связывания маннита с ферментом и с транспортным посредником. Она равна концентрации субстрата, при которой скорость процесса составляет половину максимальной скорости (величина по определению равная  $K_m$  уравнения Михаэлиса-Ментен).

Таблица

**Кинетические характеристики определения маннита с помощью микробного сенсора на основе *Mucor sp. 1***

Субстрат	Диапазон концентраций, моль/л	$V_{max}$ , pA/c	$S_{0.5}$ , mM
Маннит	$5 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-5}$	16,077	0,053
	$2 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$	23,810	0,219

В растениях (например, сельдерей) фермент маннитол дегидрогеназа, ЕС № 1.1.1.255, катализирует окисление маннита до маннозы. Для фермента катализирующего окисление маннита до фруктозы у микроорганизмов, (маннитол 2-дегидрогеназа, ЕС № 1.1.1.67) в зависимости от культуры-продуцента (базидиомицета *Aguricus carmpestrus* или бактерии *Lactobacillus brevis* ATCC 367) известны значения  $K_m$  – 0,46 и 60 мМ [13, 14], соответственно. Это сопоставимо с константами, полученными нами для *Mucor sp. 1*.

Таким образом, лабораторная модель амперометрического биосенсора на основе *Mucor sp. 1* позволяет определять маннит в водных растворах.

**Литература**

1. Облучинская Е. Д., Минина С. А. Совершенствование способа получения экстракта из шрота фукусковых водорослей // Химико-фармацевтический журнал. 2004. Т. 38. № 6. С. 36–39.

2. Курсанов Л. И. Микология. М.: Государственное учебно-педагогическое изд-во Наркомпроса РСФСР, 1940. 480 с.
3. Дудка И. А., Вассер С. П., Элланская И. А. и др. Методы экспериментальной микологии. Справочник. Киев: Наукова думка. 1982. С. 316.
4. Woertz K., Tissen C., Kleinebudde P., Breitreutz J. Rational development of taste masked oral liquids guided by an electronic tongue // *International Journal of Pharmaceutics*. 2010. V. 400. № 1–2. P. 114–123.
5. Hou B. H., Takanaga H., Griesbeck O., Frommer W. B. Osmotic induction of calcium accumulation in human embryonic kidney cells detected with a high sensitivity FRET calcium sensor // *Cell Calcium*. 2009. V. 46. № 2. P. 130–135.
6. Pospisilov M., Polasek M., Safra J., Petriska I. Determination of mannitol and sorbitol in infusion solutions by capillary zone electrophoresis using on-column complexation with borate and indirect spectrophotometric detection // *Journal of Chromatography A*. 2007. V. 1143. № 1–2. P. 258–263.
7. Kwang-Hyok S., Ui-Nam P., Sarkar C., Bhadra R. A sensitive assay of red blood cell sorbitol level by high performance liquid chromatography: potential for diagnostic evaluation of diabetes // *Clinica Chimica Acta*. 2005. V. 354. № 1–2. P. 41–47.
8. Емельянова Е. В. Использование грибов для детекции крахмала и мальтозы // *Успехи медицинской микологии*. 2018. Т. 18. (в печати)
9. Тёрнер Э., Карубе И., Уилсон Дж. Биосенсоры: основы и приложения. М: Мир, 1992. 614 с.
10. Работнова Л. И., Позмогова И. Н. Хемостатное культивирование и ингибирование роста микроорганизмов. М.: Наука, 1979. С. 27.
11. Шайдарова Л. Г., Челнокова И. А., Махмутова Г. Ф., Романова Е. И., Гедмина А. В., Дегтева М. А., Будников Г. К. Вольтамперометрическое определение маннита и сорбита на композитном электроде на основе углеродных нанотрубок и гексацианоферрата никеля (II) // *Ученые записки Казанского университета. Естественные науки*. 2012. Т. 154. Кн. 3. С. 44–53.
12. Zhou Li, Liu Ju, Zheng Ting, Ding Hui, Shi Chaoou. Determination of mannitol, monosaccharides and lactulose in mouse urine by high performance anion exchange chromatography coupled with pulse amperometric detection // *Chinese Journal of Chromatography*. 2010. V. 28. № 10. P. 984–988.
13. Barman T. E. *Enzyme Handbook*. Volume 1. Springer Verlag, 1969. P. 96.
14. *Enzyme Handbook* 9. Class 1.1: Oxidoreductases. Schomburg D., Stephan D. (eds.) Heidelberg: Springer, 1995. P. 71–72.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДИМЕТИЛДИЭТОКСИСИЛАНА КАК ГИДРОФОБНОЙ ДОБАВКИ В ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗЕ ПРИ ИММОБИЛИЗАЦИИ МЕТИЛОТРОФНЫХ ДРОЖЖЕЙ**

*Е. А. Ланцова, П. В. Рыбочкин, О. А. Каманина  
Тульский государственный университет, dart.liza@yandex.ru*

В последнее время для оценки состояния окружающей среды, медицинских анализов и контроля промышленных процессов широкое распространение получили биосенсорные системы. Биосенсорный анализ не требует добавления в пробу дополнительных реагентов, позволяет быстро получить воспроизводимые и точные результаты.

Однако возможность применения биосенсоров ограничена зависимостью используемого биологического материала от факторов окружающей среды, таких как pH, температуры, УФ излучения, присутствия ионов тяжёлых металлов. Чтобы снизить воздействие, которое оказывают эти факторы, проводят иммобилизацию биологического агента на нерастворимый в воде носитель.

В настоящее время проводится множество исследований по включению биологических молекул или живых клеток в материал-носитель. Целью таких исследований обычно является получение гибридных систем, состоящих из «живой» (клетки, биомолекулы) и «неживой» части. Материал-носитель является протектором для биоматериала, который в свою очередь сохраняет свою биологическую активность к взаимодействию с различными веществами. Такие гибридные системы можно использовать как компонент биосенсора или гетерогенный биокатализатор для трансформации веществ.

В последние десятилетия [1–3] широко развивается иммобилизация биоматериала в кремнийорганические золь-гель матрицы. Синтез основан на гидролизе эфиров кремневой кислоты и их последующей поликонденсации. Соединяясь между собой, молекулы образуют пространственную полимерную сеть, внутри ячеек которой захватывается растворитель. Если в системе присутствует биоматериал, то он включается в гель. Нами было показано, что золь-гель матрица на основе тетраэтоксисилана (ТЭОС) и метилтриэтоксисилана (МТЭС) при инкапсулировании дрожжевых клеток защищает иммобилизованные живые клетки от присутствия ионов тяжёлых металлов, УФ излучения, перепадов pH [4].

Однако пока выявлены не все критические параметры и условия, влияющие на формирование структуры. Так, важным компонентом в золь-гель синтезе силикагеля являются алкилалкоксисиланы (гидрофобная добавка, содержащая негидролизующиеся связи C-Si). Ранее исследования были выполнены при использовании в качестве гидрофобной добавки к тетраэтоксисиланосоединения с одной негидролизующейся связью – метилтриэтоксисилана. Диметилдиэтоксисилан (ДМДЭС) содержит две негидролизующиеся связи и является исходным соединением в синтезе силиконов, можно ожидать, что при его использовании будет образовываться менее жесткая, но прочная оболочка вокруг клеток дрожжей. В ходе исследований по изучению влияния соотношения силановых прекурсоров было установлено, что лучшим соотношением в системе МТЭС/ТЭОС является соотношение 85 об. % МТЭС к 15 об. % ТЭОС [5]. Поэтому целью дальнейшего исследования стало изучение диметилдиметоксисилана, как гидрофобной добавки при золь-гель синтезе силикагеля.

Для иммобилизации был выбран штамм метилотрофных дрожжей *Ogataea polymorpha* ВКМ Y-2559 выращенных с индукцией метанолом [6]. Для определения биологической активности иммобилизованных в силикагель дрожжей, их наносят на поверхность кислородного электрода Кларка и проводят измерения в режиме термооксиметра. При добавлении субстрата про-

исходит увеличение расходования кислорода, чем выше биологическая активность дрожжей и активнее диффузия субстрата, тем больше будет ответ сенсора, который равен скорости убыли кислорода. Полученные характеристики приведены в таблице.

Таблица

### Характеристики полученных биорецепторных элементов

Характеристика	Силикагель с соотношением силановых прекурсоров:	
	85 об. % МТЭС : 15 об. % ТЭОС	85 об. % ДМДЭС : 15 об. % ТЭОС
Диапазон определяемых концентраций, мкмоль/л	5–100	0,08–440
Коэффициент чувствительности, мг (O <sub>2</sub> )/(ммоль·мин)	0,87±0,05	4,6±0,1
Операционная стабильность, %	4	1
Предел обнаружения, мкмоль/л	2	0,03
Долговременная стабильность, сутки	15	36

Проанализировав полученные характеристики, можно прийти к заключению, что использование диметилдиметоксисилана в качестве гидрофобной добавки приводит к увеличению чувствительности биосенсора, его срока службы и воспроизводимости. Что, возможно, связано с тем, что при использовании вещества, обладающего только двумя связями, подверженными гидролизу, приводит к образованию более гибкой и плоской матрицы. Что в свою очередь, вероятно, способствует более эффективному «захвату» клеток в золь-гель. Имобилизованные в золь-гель матрицу метилотрофные дрожжи могут найти применение для определения содержания метанола и для оценки биохимического индекса потребления кислорода (БПК).

### Литература

1. Umesh Lad, Girish M. Kale, Rayna Bryaskova. Glucose Oxidase Encapsulated Polyvinyl Alcohol-Silica Hybrid Films for an Electrochemical Glucose Sensing Electrode // Analytical chemistry. 2013. P. 3–7.
2. Dickson D., Ely R. Silica sol-gel encapsulation of cyanobacteria: lessons for academic and applied research // Applied Microbiology and Biotechnology. 2013. V. 97. № 5. P. 1809–1819.
3. Meunier C. F., Dandoy P., Su B.-L. Encapsulation of cells within silica matrixes: Towards a new advance in the conception of living hybrid materials // Journal of Colloid and Interface Science. 2010. V. 342. P. 211–224.
4. Kamanina O. A., Fedoseeva D. G., Rogova T. V., Ponamoreva O.N., Blokhin I. V., Machulin A. V. et al. Synthesis of organosilicon sol-gel matrixes and preparation of heterogeneous biocatalysts based on them. Russ. J. Appl. Chem. 87 (2014) 761–766.
5. Ponamoreva O. N., et al. Yeast-based self-organized hybrid bio-silica sol-gels for the design of biosensors // Biosensors and Bioelectronics. 2015. V. 67(0). P. 321–326.
6. Kamanina O. A., Lavrova D. G., Arlyapov V. A., Alferov V. A., Ponamoreva O. N. Silica sol-gel encapsulated methylotrophic yeast as filling of biofilters for the removal of methanol from industrial wastewater. // Enzyme Microb. Technol. 2016. V. 92. P. 94–98.

# ФОРМИРОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗА ГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТИПА «КЛЕТКА В ОРГАНОСИЛИКАТНОЙ ОБОЛОЧКЕ» В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

*Д. Г. Лаврова*

*Тульский государственный университет, d.g.fedoseeva@gmail.com*

Золь-гель синтез является основным способом получения наноструктурных материалов на основе соединений кремния. Обычно в качестве исходных соединений применяют только полностью гидролизующиеся кремнийорганические прекурсоры (например, тетроэтоксисилан – ТЭОС), в результате чего получают широкий спектр кремнеземов (от наноматериалов до хрупких стекол) с жесткой структурой [1]. Добавление в систему силанового прекурсора, содержащего негидролизующуюся часть Si-C (гидрофобной добавки) позволяет получать гибкие по структуре органосиликатные материалы [2]. Для получения силикатных материалов с заданными структурами применяют методы золь-гель химии в присутствии структуроуправляющих агентов (СА). В качестве СА часто применяют гидрофильный полимер полиэтиленгликоль (ПЭГ), который в зависимости от молекулярной массы и концентрации способен формировать трехмерные структуры в водных растворах (рис.1) [3].

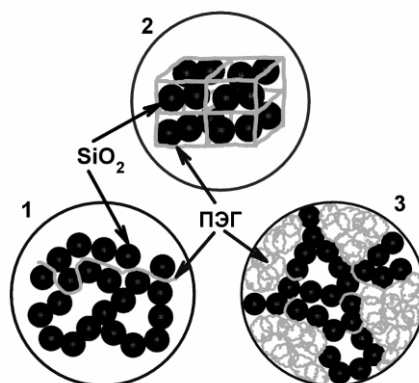


Рис. 1. Схематическое представление системы SiO<sub>2</sub>-ПЭГ, где черные сферы частицы диоксида кремния, серые кривые – макромолекулы ПЭГ [4] 1 – низкомолекулярные ПЭГ; 2 – образование флуктуационной сетки; 3 – кластерная структура

Осуществление золь-гель реакций в его присутствии приводит к формированию водородных связей с силанольными группами (Si-OH) и позволяет получать материалы с различной структурой.

Следует отметить, что золь-гель синтез проводят в мягких условиях, поэтому было предложено использовать его для иммобилизации живых клеток. В результате получают живые гибридные материалы, которые представляют собой перспективные биокатализаторы для биотехнологии [5–7].

Ранее нашим научным коллективом получали такие гибриды кремнийорганических соединений и метилотрофных дрожжей в присутствии ПЭГ с молекулярной массой 3000 Да. Было показано, что микроорганизмы являются центрами формирования золь-гель структуры, что приводит к образованию вокруг микроорганизмов органосиликатной оболочки, которая выполняет защитную функцию их от воздействий внешней среды [8]. Однако влияние полимера, присутствующего в системе, на этот процесс изучено не было.

Таким образом, целью работы является исследование влияния гидрофильного полимера на формирование структуры типа «клетка в органосиликатной оболочке», полученной в условиях основного золь-гель синтеза из силановых прекурсоров (в объемном отношении 15/85) ТЭОС и метилтриэтоксисилана (МТЭС), выполняющего роль гидрофобной добавки, метилотрофных дрожжей *Ogatea polymorpha* ВКМ У-2559.

Молекула ПЭГ в зависимости от молекулярной массы способна формировать различные пространственные структуры, что может сыграть решающую роль при формировании гибридов кремнийорганических соединений и клеток дрожжей. Установить взаимосвязь между структурной организацией молекул ПЭГ и его молекулярной массой можно путем последовательного определения вязкости растворов методом капиллярной вискозиметрии (рис. 2).

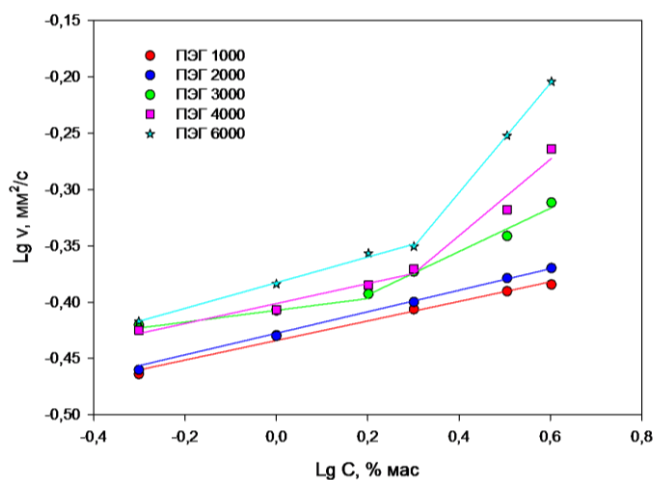


Рис. 2. Критические концентрации ПЭГ

На экспериментальных кривых  $\eta=f(C)$  точки перегиба свидетельствуют о структурном изменении в растворе. Таким образом, молекулы ПЭГ с молекулярными массами 1000 и 2000 Да не взаимодействуют друг с другом из-за недостаточной для этого длины макромолекул. Для растворов ПЭГ с более высокими молекулярными массами наблюдаются четко выраженные перегибы, при которых осуществляется переход от изолированных макромолекул к трехмерной структуре раствора, тем самым образуется флуктуационная сетка зацепления.

Исследователями Омского Института проблем переработки углеводов (Сибирского отделения РАН) изучалась пористость структуры кремне-

земных материалов методом низкотемпературной адсорбции азота [4]. Было показано, что материалы с низкомолекулярными ПЭГ (1000 и 2000 Да) не способны формировать поры размером менее 2 нм, об образовании которых свидетельствует формирование флуктуационной сетки зацепления. Эти сведения подтверждают полученные нами результаты. Поэтому при использовании любых концентраций ПЭГ-1000 и ПЭГ-2000 должны формироваться материалы с размером пор от 2 до 50 нм. ПЭГ с молекулярной массой 3000 Да и более, для которых наблюдалось формирование флуктуационной сетки зацепления, в зависимости от содержания ПЭГ могут формировать как мезопористый, так и микропористый материалы. Это можно объяснить структурной организацией молекул ПЭГ в растворе: при низких концентрациях размер пор 2–50 нм, при увеличении концентрации формируется сетка зацепления – размер пор менее 2 нм, при использовании сильно концентрированных растворов ПЭГ приведет к уменьшению подвижности макромолекул, следовательно, разрыву флуктуационной сетки, вследствие чего, макромолекулы сплетутся между собой в плотные клубки, и структура материала превратится в кластерную структуру с размером пор 2–50 нм. Для иммобилизации микроорганизмов более комфортным окружением являются мезопоры. Таким образом, в дальнейшей работе использовали низко концентрированные растворы ПЭГ содержащие не более 2% масс с молекулярными массами от 1000 до 6000 Да.

На следующем этапе работы методом сканирующей электронной микроскопии было показано, что в зависимости от молекулярной массы ПЭГ изменялась 3D-структура биогбридов [9]. Наибольший интерес представляет архитектура гибридного биоматериала, полученного при использовании ПЭГ с молекулярной массой 3000 Да. Вокруг каждой клетки формируется капсула, при этом инкапсулированные клетки образуют единую структуру. Как было показано, силикатные капсулы защищают клетки от стрессовых факторов окружающей среды, таких как pH, ультрафиолетовое излучение, ионы тяжелых металлов. Именно поэтому живые гибридные материалы, синтезированные в работе, являются перспективными биокатализаторами, например, при разработке биофильтров для очистки метанолсодержащих стоков и биосенсоров для обнаружения низкомолекулярных спиртов в сточных водах.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ и Правительства Тульской области (проект № 16-43-710183 p\_a).*

#### Литература

1. Koch D., Soltmann C., Grathwohl G. Bioactive Ceramics – New Processing Technologies for Immobilization of Microorganisms for Filtration and Bioreactor Applications // Key Eng. Mater. Trans Tech Publications, 2007. Vol. 336–338. P. 1683–1687.
2. Lei K., Chen Y., Wang J., Peng X., Yu L., Ding J. Non-invasive monitoring of in vivo degradation of a radiopaque thermoreversible hydrogel and its efficacy in preventing post-operative adhesions // ActaBiomater. 2017.



3. Яцковская О. В., Бакланова О. Н., Гуляева Т. И., Дроздов В. А. Влияние молекулярной массы полиэтиленгликоля на характеристики пористой структуры кремнеземных материалов // *Физикохимия поверхности и защита материалов*. 2013. Т. 49. С. 223–229.
4. Горбунова О. В. Формирование микро- и мезопористых кремнеземных материалов в условиях золь-гель синтеза в присутствии полиэтиленгликоля. Омск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем переработки углеводов Сибирского отделения Российской академии наук, 2014. 129 с.
5. Meunier C. F., Dandoy P., Su B.L. Encapsulation of cells within silica matrixes: Towards a new advance in the conception of living hybrid materials // *J Colloid Interface Sci*. 2010. V. 342. № 2. P. 211–224.
6. Ponamoreva O. N., Kamanina O. A., Alferov V. A., Machulin A. V., Rogova T. V., Arlyarov V. A., Alferov S. V., Suzina N. E., Ivanova E. P. Yeast-based self-organized hybrid bio-silica sol-gels for the design of biosensors // *Biosens. Bioelectron*. 2015. V. 67, P. 321–326.
7. Kamanina O. A., Lavrova D. G., Arlyarov V. A., Alferov V. A., Ponamoreva O. N. Silica sol-gel encapsulated methylotrophic yeast as filling of biofilters for the removal of methanol from industrial wastewater: article // *Enzyme Microb. Technol*. 2016. V. 92. P. 94–98.
8. Каманина О. А., Лаврова Д. Г., Бурмистрова Т. В., Мачулин А. В., Понаморева О. Н. Клетки микроорганизмов как структурообразующие агенты в синтезе гибридных кремнийорганических материалов с применением золь-гель технологии // *Известия Тульского государственного университета*. 2016. Вып. № 1. С. 3–11.
9. Lavrova D. G., Kamanina O. A., Machulin A. V., Suzina N. E., Alferov V. A., Ponamoreva O. N. Effect of polyethylene glycol additives on structure, stability, and biocatalytic activity of ormosil sol-gel encapsulated yeast cells // *J Sol-Gel SciTechnol*. 2017.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИНЕТИКИ СОРБЦИИ ИОНОВ СВИНЦА(II) РАЗЛИЧНЫМИ СОРБЕНТАМИ

*Г. Я. Кантор<sup>1</sup>, С. Г. Скугорева<sup>1, 2, 3</sup>, Л. И. Домрачева<sup>1, 3</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет,*

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

<sup>3</sup> *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
grigory\_kantor@mail.ru, skugoreva@mail.ru, dli-alga@mail.ru*

Одной из важнейших проблем современности является проблема загрязнения окружающей среды соединениями тяжелых металлов (ТМ). Обладая высокой токсичностью, подвижностью и способность к биоаккумуляции, они представляют опасность для всего живого на Земле. Наиболее опасным является загрязнение сточных вод соединениями ТМ.

Для удаления ТМ из сточных вод используют химические, физические и биологические методы. Обычно используют химическое осаждение, мембранную фильтрацию, адсорбцию на активированном угле. Эти методы достаточно дороги и/или имеют некоторые недостатки (низкая селективность, высокое потребление энергии и т.д.). В настоящее время весьма перспективным направлением очистки природных и сточных вод является привлечение микроорганизмов, способных к биосорбции и биоаккумуляции тяжелых металлов. Биосорбция представляет собой потенциальную альтернативу для

преодоления недостатков обычных способов очистки сточных вод, содержащих ТМ.

В процессе извлечения тяжелых металлов из сточных вод изучение кинетики сорбции имеет решающее значение для выбора оптимальных условий осуществления водоочистки, так как она позволяет получить важную информацию о пути и механизме сорбции.

Целью работы было описать кинетику сорбции ионов(II) различными сорбентами, провести её сравнительный анализ.

В качестве сорбентов ионов свинца(II) из раствора использовали активированный уголь; цеолит; торф; гуминовые вещества, выделенные из торфа; мицелий гриба *Fusarium culmorum*; культуру цианобактерии *Nostoc paludosum*; биопленку с доминированием *N. paludosum*; листья растений ячменя. Перед проведением эксперимента биомассу гриба и цианобактерии извлекали из питательной среды, тщательно отмывали дистиллированной водой от среды. Торф, биоплёнку, листья ячменя, мицелий гриба и культуру цианобактерии высушивали до постоянной массы.

Измерение содержания ионов свинца(II) в растворе проводили потенциометрическим методом на иономере «Эксперт-001», подключенном к персональному компьютеру, с ионоселективным электродом, чувствительным к концентрации иона  $Pb^{2+}$  в водном растворе. Опыт проводили с использованием магнитной мешалки. Перед работой электрод калибровали.

В стакан наливали 50 мл раствора нитрата свинца(II) с концентрацией  $3,2 \cdot 10^{-4}$  М, погружали в раствор магнит, ионоселективный электрод и двухключевой электрод сравнения, включали мешалку. Затем запускали программу приема данных с иономера «Эксперт-001». Пробы сухих сорбентов измельчали в фарфоровой ступке, взвешивали (масса сорбента 50 мг), затем быстро вносили в стакан с раствором нитрата свинца(II) и записывали кривые кинетики сорбции в режиме реального времени.

Кривые кинетики сорбции ионов  $Pb^{2+}$  из раствора нитрата свинца(II) представлены на рисунке 1. Как видно из рисунка наименьшая степень сорбции  $Pb^{2+}$  характерна для цеолита (кривая 3), немного больше ионов сорбировал активированный уголь (кривая 6). Заметно большую степень сорбции отмечали для мицелия гриба *F. culmorum* (кривая 1). Следует отметить, что при экспозиции до 200 сек для культуры цианобактерии *N. paludosum* (кривая 7) различия в сорбции с *F. culmorum* были незначительны, но в дальнейшем для *N. paludosum* отмечали гораздо большее снижение концентрации ионов свинца(II) в растворе. Кривая кинетики сорбции  $Pb^{2+}$  биоплёнкой с доминированием *N. paludosum* (кривая 2) несколько отличается от кривой *N. paludosum*, процесс идет более глубоко, что, вероятно, вызвано присутствием в составе плёнки и других микроорганизмов. Торф (кривая 5) и гуминовые вещества (кривая 4), выделенные из него, показали себя как одни из самых эффективных сорбентов ионов свинца(II). Максимальной сорбцией по отношению к  $Pb^{2+}$  отличались высушенные листья растений ячменя, уже через 200 сек экс-

позиции (3,33 мин) произошла практическая полная очистка раствора от ионов свинца(II), степень сорбции составила 99,3%.

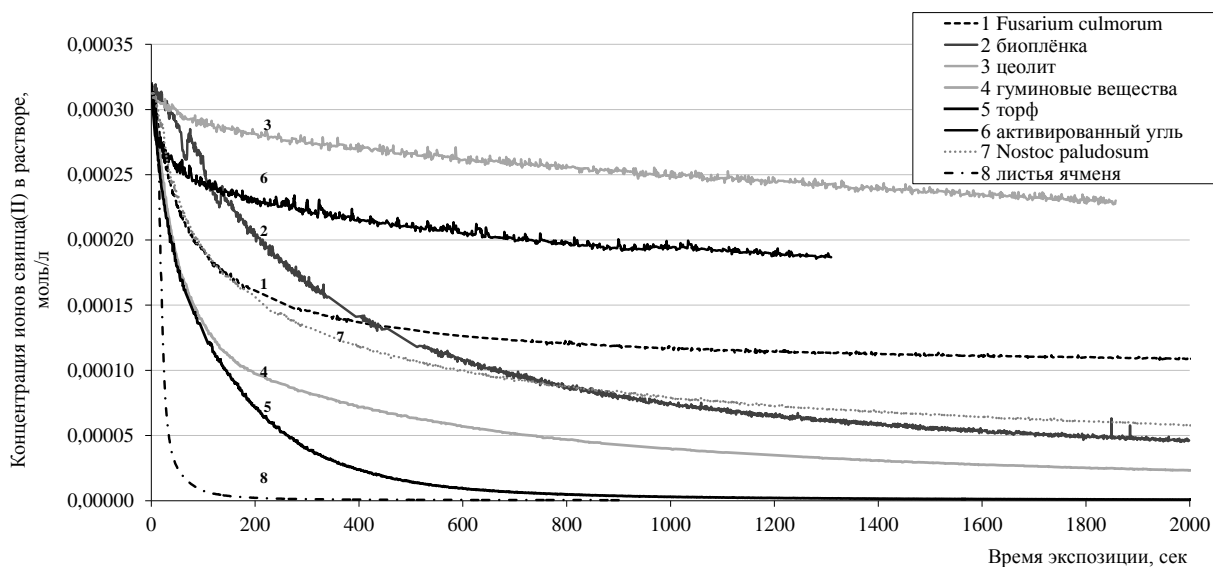


Рис. 1. Кривые кинетики сорбции ионов свинца(II) из раствора с концентрацией  $3,2 \cdot 10^{-4}$  М сорбентами различной природы

Статистический анализ кинетических кривых показывает, что все они достаточно хорошо описываются решениями уравнения адсорбции псевдо-второго порядка [1], что свидетельствует о доминирующей роли процессов химической сорбции поверхностью сорбентов. Однако наблюдаемые отклонения экспериментальных данных от расчётно-теоретических несут важную информацию о специфике процессов сорбции сорбентами различной природы.

Рассмотрим подробно результаты эксперимента по сорбции ионов свинца из водного раствора на примере четырёх сорбентов – торф, культура штамма цианобактерий *Nostoc paludosum*, высушенный при 60 °С мицелий гриба *Fusarium cilmorum* и измельчённые высушенные при 60 °С листья ячменя *Hordeum vulgare* L. сорта Новичок селекции НИИ сельского хозяйства Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого (г. Киров).

Адсорбция псевдо-второго порядка описывается дифференциальным уравнением [2]:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2, \quad (1)$$

где  $t$  – время,  $q_t$  – зависящая от времени удельная масса сорбата (отношение массы сорбированного вещества к массе сорбента),  $q_e$  – равновесная (предельная) удельная масса сорбата,  $k_2$  – кинетический коэффициент (константа скорости) адсорбции псевдо-второго порядка. Уравнение (1) имеет аналитическое решение, которое может быть представлено в форме:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t. \quad (2)$$

Эмпирическая величина  $\frac{t}{q_t}$  является линейной функцией времени, а коэффициенты линейной регрессии позволяют однозначно вычислить два параметра адсорбции – константу скорости и равновесную удельную массу сорбата.

Реальные графики зависимости  $\frac{t}{q_t}$  от  $t$  для всех сорбентов очень близки к прямым линиям. Во всех вариантах опыта объём раствора нитрата свинца составлял 50 мл, начальная масса свинца в пробе в пересчёте на  $Pb^{2+}$  – 3,315 мг. Сорбированная масса вычислялась как разность начальной массы и произведения объёма пробы на текущую концентрацию иона свинца, измеренную потенциометрическим методом.

Значения параметров кинетической модели сорбции псевдо-второго порядка, усреднённые за полное время каждого измерения, были найдены методом наименьших квадратов при помощи надстройки «Поиск решения» программного пакета Microsoft Office Excel. Результаты обработки данных приведены на рисунке 2.

Неожиданно высокий результат дал эксперимент с высушенными листьями ячменя – кинетический коэффициент сорбции оказался в 15 раз выше, чем у торфа – общепризнанного широко применяемого сорбента биологического происхождения.

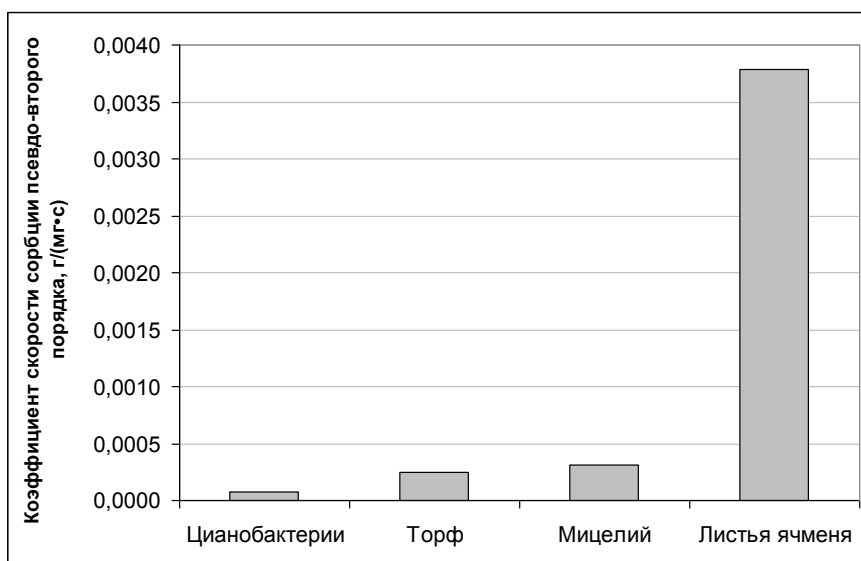


Рис. 2. Сравнение коэффициентов сорбции ионов свинца при исходной концентрации 0,00032 моль/л по модели псевдо-второго порядка для различных сорбентов

Следует отметить, что приведённые в материалах данные носят предварительный характер, и для получения более полных, точных и надёжных результатов требуется выполнение довольно большого объёма дополнительных экспериментальных работ.

Таким образом, по результатам проведенного исследования выявлено, что кинетика сорбции всех исследованных сорбентов в целом хорошо описы-

вается уравнением псевдо-второго порядка, но необходимо продолжение работ по изучению отклонений от этого уравнения.

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

#### Литература

1. Y. S. Ho, G. McKay. The kinetics of sorption of divalent metal ions onto sphagnum moss peat // Wat. Res. 2000. Vol. 34. No. 3. P. 735–742.
2. Yuh-Shan Ho. Review of second-order models for adsorption systems // Journal of Hazardous Materials. 2006. Vol. 136. No. 3. P. 681–689.

### МИКРОБИОТЕСТОВАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОТХОДОВ НЕФТЕДОБЫЧИ

*Е. Н. Ляшенко<sup>1</sup>, В. С. Сибирцев<sup>1</sup>, Т. Н. Щемелинина<sup>2</sup>,  
Е. Ю. Игнатьева<sup>1</sup>, Е. Э. Куприна<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, *vs1969r@mail.ru*  
<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, *tatyanakomi@mail.ru*

Проблема утилизации различных видов производственных и бытовых отходов стала в настоящее время одной из основных экологических проблем человечества. Соответственно, весьма актуальной является и задача разработки достаточно экспрессных, объективных, простых, дешевых и доступных для широкого использования методов определения общей степени токсичности и экологической безопасности различных видов отходов; позволяющих, в частности, осуществлять мониторинг эффективности действия уже существующих систем очистки и утилизации отходов; оценивать необходимость модернизации упомянутых систем в случае недостаточно эффективного их функционирования; а также выявлять новые источники загрязнения и обосновывать необходимость проектирования для них новых систем очистки и утилизации.

Наиболее приемлемым и адекватным из таких методов в настоящее время признано использование тестовых биосистем [1–4]. Использование в качестве последних многоклеточных организмов позволяет более адекватно моделировать человеческий организм. В то же время, биотестирование с помощью микроорганизмов делает проведение таких анализов значительно более простым, доступным, дешевым, экспрессным и статистически достоверным в оценке результатов. Однако принятые в настоящее время в качестве стандартных при биотестировании процедуры оценки общей выживаемости микроорганизмов (закрывающиеся, в большинстве случаев, в визуальной оценке того, насколько ингибируется или активируется по сравнению с контрольной группой рост тестовых микроорганизмов после инкубации их в пи-

тательной среде в течение одних или нескольких суток в стерильных условиях при заданной температуре в присутствии тестируемых факторов) дают, как правило, лишь достаточно субъективную, неполную, и «статичную» информацию о летальных нарушениях жизнедеятельности тестовых организмов. В связи с этим, перспективным представляется использование для целей микробиологического тестирования различных инструментальных технологий, среди которых наиболее простыми в исполнении и универсальными являются оптические и электрохимические методы. Исходя из чего, был разработан и апробирован следующий метод оценки экологической безопасности отработанных буровых растворов (ОБР), используемых при нефтедобыче, до и после их очистки по электронанобиоцидной методике, разработанной под руководством Е. Э. Куприной [5].

Для проведения анализа в лабораторию были доставлены пробы неочищенных и очищенных ОБР (НОБР и ООБР, соответственно) с 4-х разных нефтедобывающих скважин, содержащие до очистки эмульгированную и растворенную в воде нефть, ОП-10 (смесь ароматических углеводородов, применяемая в настоящее время в качестве смачивающей и эмульгирующей неионогенной поверхностно-активной добавки), бентонитовую взвесь, значительные количества NaOH, NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и т. п.

После этого для ОБР с каждой скважины проводилось по 3-и серии измерений. Для каждой из которых предварительно готовились два вида тестовых систем (ТС), представлявших собой исходно стерильный водный раствор с рН 7,2, содержащий 5 г/л глюкозы, 18 г/л белкового гидролизата, 2 г/л NaCl и около 10<sup>6</sup> кл/мл жизнеспособных *Clostridium perfringens* ATCC 13124 (строго анаэробные, сульфитредуцирующие, санитарно-показательные бактерии, широко распространенные в морях и других водоемах, почве, кишечнике человека и травоядных животных и т. п.) либо *Pseudomonas yamanorum* VKM В-3033D (аэробные, неспорообразующие, подвижные бактерии, также широко распространенные в естественных условиях в различных водоемах, почве, воздухе и используемые в народохозяйственной практике для производства антибиотиков, извлечения остаточной нефти из скважин, борьбы с загрязнением окружающей среды, а также в качестве моделей для многочисленных теоретических исследований). Причем последний штамм был выделен из почв северных территорий РФ в районах нефтедобычи и запатентован в качестве активного нефтедеструктора [6].

Далее, упомянутые ТС разливались по пробиркам, в каждую из которых (за исключением 5-и контрольных на каждую ТС) предварительно добавлялся (по 5 пробирок в параллель) НОБР или ООБР в количестве, необходимом для достижения его конечного 10, 20, 50 или 100-кратного разведения в ТС. Затем все упомянутые пробирки инкубировались в течение 8-и часов при 25±0,1 °С. При этом непосредственно до и сразу после инкубирования в каждой из пробирок измерялись интенсивность света, упруго рассеиваемого в области длин волн 820–915 нм (I<sub>od</sub>) и рН. Причем значения I<sub>od</sub> регистрировались с помощью анализатора «Флюорат-02-М» (в режиме фотофлуорометрии со свето-

фильтрами М1 и М2 в каналах фотовозбуждения и эмиссии). А значения рН – с помощью иономера «Эксперт-001» с комбинированным электродом «ЭСК-10601/7».

Далее, все полученные значения усреднялись (сначала по 5-и параллельным образцам внутри каждой серии измерений, а затем между сериями), и для каждого из усредненных значений рассчитывался 95% доверительный интервал. После чего общая степень активирования либо ингибирования (+/–) жизнедеятельности каждого из тестовых микроорганизмов заданной концентрацией НОБР или ООБР от каждой из скважин рассчитывалась по формуле  $\varepsilon_S = \Sigma (\varepsilon_{Iod} + \varepsilon_{pH}) / 2$ ,

где  $\varepsilon_Y = 100 \times (\Delta Y_t - \Delta Y_c) / \Delta Y_c$ , а  $\Delta Y_t$  и  $\Delta Y_c$  – изменения значений Iod или рН, произошедшие за время инкубирования ТС в присутствии различных количеств тестируемых образцов ( $\Delta Y_t$ ) и в их отсутствие ( $\Delta Y_c$ ). Затем полученные значения  $\varepsilon_S$  усреднялись по всем скважинам.

Результаты описанного исследования сведены в таблицу.

Таблица

**Общие степени активирования/ингибирования (+/–) жизнедеятельной активности различных тестовых микроорганизмов ( $\varepsilon_S$ , %) отработанными буровыми растворами (ОБР)**

ОБР	Н-10	Н-20	Н-50	Н-100	О-10	О-20	О-50	О-100
<i>C. perf.</i>	–61	–33	–12	+6	–16	–8	+4	+11
<i>P. yaman.</i>	–23	–11	+20	+14	+10	+33	+25	+16

Примечания. Как «Н-Х» и «О-Х» обозначены соответствующие разбавления неочищенных (Н) и очищенных (О) ОБР. Относительная ошибка определения  $\varepsilon_S$  для всех указанных в данной таблице значений находилась в диапазоне от 6 до 15%

Из представленного можно сделать следующие выводы. Во-первых, в целом, очищенные ОБР оказывали на жизнедеятельность тестовых микроорганизмов меньшее ингибирующее либо большее активизирующее действие, чем те же растворы до их очистки – что доказало эффективность использованных систем очистки. Во-вторых, на активность жизнедеятельности разных видов и штаммов живых организмов как очищенные, так и неочищенные ОБР влияли по разному. Из чего можно заключить, что в присутствии ОБР состав природных биоценозов будет существенно меняться (обедняясь по видовому разнообразию и смещаясь в сторону преобладания тех видов и штаммов живых организмов, которые способны использовать вещества, загрязняющие исходный биоценоз, для своего питания и роста).

И в-третьих, несмотря на то, что при достаточной большой степени разбавления как очищенные, так и неочищенные ОБР оказывали активизирующее влияние на жизнедеятельность всех видов тестовых микроорганизмов – интенсивность этого влияния на разные виды и штаммы живых организмов, как уже говорилось, была различной. Так что в зависимости от того, хотим мы минимизировать влияние загрязнителей на исходный природный биоценоз

либо способствовать изменению этого биоценоза таким образом, чтобы обеспечить максимальную степень утилизации им попадающих в него загрязняющих веществ, необходимо обеспечить, соответственно, и разную степень разбавления загрязняющих веществ (в нашем случае, буровых растворов) перед сбросом их в окружающую среду (поскольку создание полностью замкнутых технологических циклов в настоящее время в нашей стране возможно лишь для отдельных производств, нефтедобыча к которым не относится). В частности, исходя из представленных в таблице данных, для достижения упомянутых целей можно рекомендовать, соответственно, 100- и 20-кратное разбавление анализированных ООБР.

### Литература

1. Сибирцев В. С. Флуоресцентные ДНК-зонды: исследование механизмов изменения спектральных свойств и особенностей практического применения // Биохимия. 2007. Т. 72. № 8. С. 1090–1106.
2. Сибирцев В. С., Наумов И. А., Куприна Е. Э., Олехнович Р. О. Применение методики импедансного биотестирования для оценки действия фармацевтических соединений на рост микроорганизмов // Химико-фармацевтический журнал. 2016. Т. 50. № 7. С. 51–55.
3. Сибирцев В. С. Методики биотестирования на основе флуорометрического геномного анализа // Оптический журнал. 2017. Т. 84. № 11. С. 84–89.
4. Sibirtsev V. S., Olekhnovich R. O., Samuylova E. O. Assessment of integral toxicity of water resources by instrumental methods of analysis // SGEM Conference Proceedings. 2017. V. 17. № 61. P. 507–514.
5. Куприна Е. Э., Бобылев В. С., Кириллов А. И. Установка очистки отработанных буровых растворов электросорбционным методом. Патент РФ № 175364. 2017.
6. Мешкело С. М., Щемелинина Т. Н., Анчугова Е. М., Маркарова М. Ю., Желудкова С. В. Штамм бактерий *Pseudomonas yamanogum* VKM В-3033D для активизации биодеструкции нефти и нефтепродуктов в воде, а также в масляных грунтах на участках железной дороги. Патент РФ № 2615458. 2017.



## СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

### АНАЛИЗ МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОРТОВ РАСТЕНИЙ

*А. В. Бакулина, Я. И. Назарова, И. Г. Широких  
Федеральный аграрный научный центр  
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, drugaeann1@rambler.ru*

Технологии рекомбинантных ДНК успешно применяются в селекции растений. Площади, занимаемые генетически модифицированными (ГМ) сортами, продолжают расти, также как количество трансформированных видов растений и допущенных к производству ГМ линий. Согласно данным ежегодного глобального обзора, формируемого Международной службой по мониторингу за применением агробιοтехнологии (ISAAA) [1], в 2016 г. ГМ культуры выращивались в 26 странах мира на общей площади 185,1 млн га (табл. 1). Таким образом, площади под ГМ сортами за период с 1996 г. выросли с 1,7 млн га более чем в 100 раз. В сравнении с 2015 г., площади, занятые трансгенными растениями, увеличились на 5,4 млн га. Такие темпы роста позволяют считать агробιοтехнология наиболее быстро развивающейся технологией в настоящее время.

Традиционно лидерство по выращиванию ГМ сортов принадлежит США, где посевы трансгенных культур в 2016 г. составили 39,4% от общемировой площади, 26,5% приходилось на Бразилию, 12,9% – на Аргентину. В целом, около 90% площади, засеваемой ГМ культурами, принадлежало всего пяти странам (США, Бразилия, Аргентина, Канада и Индия).

Согласно базе данных GM Approval Database [2], в мире насчитывается 29 ГМ видов растений, допущенных к выращиванию и использованию в качестве продуктов питания и кормов, а количество разрешенных трансгенных линий достигло 497 (табл. 2). Рекордную площадь (91,4 млн. га) занимают посевы трансгенной сои, составляя половину от 185,1 га, занятых для возделывания трансгенных культур, и 76% от общей посевной площади сои в мире (120,3 млн га) [3]. Доли трансгенных посевов хлопка, кукурузы и рапса составили соответственно 64, 33 и 24% от мировых площадей под каждой из этих культур.

Количество трансгенов только в геномах уже коммерциализированных культур, по данным на февраль 2018 г., достигло 114 [2]. Основные направления генетической модификации сельскохозяйственных растений: устойчивость к гербицидам, толерантность к болезням, вредителям и абиотическим стрессам, улучшение качества, увеличение продуктивности и управление

процессами роста и размножения. Но, несмотря на многообразие решаемых задач, в производственных посевах доминируют гербицид-устойчивые ГМ культуры. Так, в 2016 г. суммарная площадь посевов устойчивых к гербицидам сои, рапса, кукурузы, люцерны и хлопка составила 86,5 млн. га, т.е. 47% от общей площади, занимаемой ГМ сортами [1].

Таблица 1

**Общая площадь ГМ культур в 2016 г. по странам (по данным [1])**

№ п/п	Страна	Площадь (млн. га)	Генетически модифицированные культуры
1	США	72,9	кукуруза, соя, хлопок, рапс, сахарная свекла, люцерна, папайя, тыква, картофель
2	Бразилия	49,1	соя, кукуруза, хлопок
3	Аргентина	23,8	
4	Канада	11,6	рапс, кукуруза, соя, сахарная свекла, люцерна
5	Индия	10,8	хлопок
6	Парагвай	3,6	соя, кукуруза, хлопок
7	Пакистан	2,9	хлопок
8	Китай	2,8	хлопок, папайя, тополь
9	ЮАР	2,7	кукуруза, соя хлопок
10	Уругвай	1,3	соя, кукуруза
11	Боливия	1,2	соя
12	Австралия	0,9	хлопок, рапс
13	Филиппины	0,8	кукуруза
14	Мьянма	0,3	хлопок
15	Испания	0,1	кукуруза
16	Судан	0,1	хлопок
17	Мексика	0,1	хлопок, соя
18	Колумбия	0,1	хлопок, кукуруза
19	Вьетнам	<0,1	кукуруза
20	Гондурас	<0,1	
21	Чили	<0,1	
22	Португалия	<0,1	
23	Бангладеш	<0,1	баклажан
24	Коста Рика	<0,1	хлопок, соя, кукуруза
25	Словакия	<0,1	кукуруза
26	Чешская Республика	<0,1	
	Всего	185,1	

Таблица 2

**Количество ГМ линий по видам (по данным [2])**

Виды растений	Количество ГМ-линий
1	2
Кукуруза	231
Хлопок	59
Картофель	48
Рапс	40
Соя	37
Гвоздика	19

1	2
Томат	11
Рис	7
Люцерна	5
Папайя, сахарный тростник, турнепс	4
Сахарная свекла, цикорий, яблоня домашняя	3
Дыня, роза, тополь, тыква	2
Баклажан, лён обыкновенный, перец стручковый, петуния, полевица побегообразующая, пшеница, слива, фасоль, эвкалипт	1

Потребителями ГМ продукции на сегодняшний день является 41 страна, лидер по количеству разрешенных для производства питания и кормов трансгенных линий – Япония (308 линий), более 150 линий разрешено в США, Канаде, Мексике и Южной Корее (рис.).

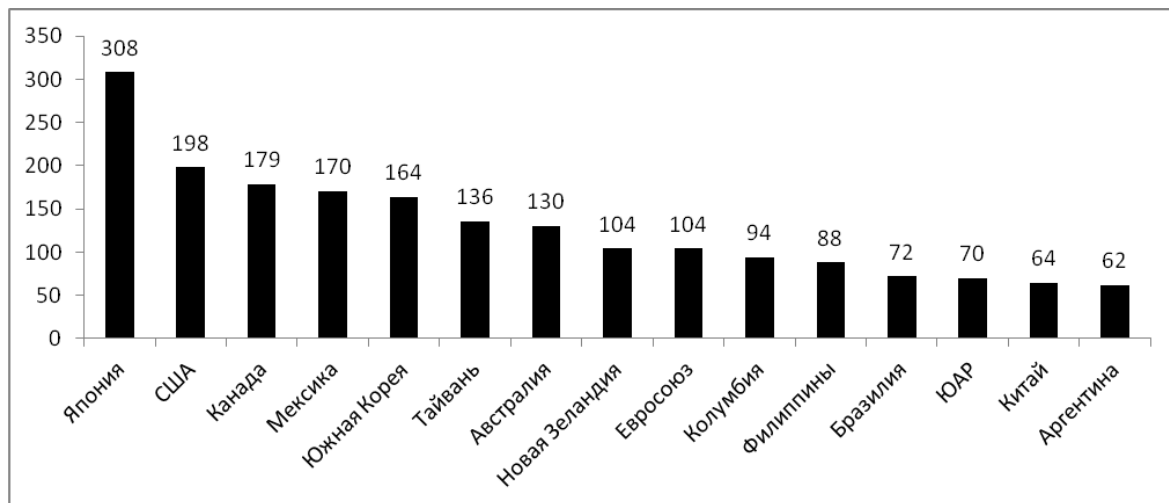


Рис. Количество разрешенных ГМ линий в разрезе стран (приведены страны, где разрешено более 50 линий) (по данным [2])

В Российской Федерации допущены к использованию в пищевой промышленности и кормопроизводстве 24 ГМ линии, среди них: кукуруза (12 линий), картофель (2 линии), рис (1 линия), соя (8 линий) и сахарная свекла (1 линия) [4]. При этом установлен полный запрет на выращивание и разведение ГМ растений на территории нашей страны, за исключением проведения научно-исследовательских работ и экспертиз (ФЗ N 358 от 03.07.2016) [5]. Такая позиция основана на наличии потенциальных и реальных рисков использования ГМ культур. При этом все еще актуальными остаются вопросы государственного контроля потока трансгенного сырья и продуктов питания, содержащего компоненты ГМ происхождения из-за рубежа, их маркировки, а также совершенствование регулирующей этот вопрос законодательной базы и контроль за соблюдением установленных требований. Так, результаты проведенного на базе Вятского государственного университета ещё в 2010 г. ПЦР-анализа на выявление трансгенного сырья в продуктах питания, представлен-

ных на прилавках г. Кирова, подтвердили в 3 из 10 анализируемых продуктов наличие ГМ компонентов, хотя ни один из продуктов не имел соответствующей маркировки.

Итак, трансгенные культуры в структуре современного сельскохозяйственного производства занимают значительную долю, появляются новые культуры и ГМ линии с новыми хозяйственно ценными признаками. Значительно усовершенствованы технологии генетической модификации растений. Тем не менее, вопросы медико-биологических, агротехнических и экологических рисков использования ГМ культур не утратили своего значения, хотя со времени получения первых трансгенных растений (1983 г.) прошло уже более 30 лет.

#### Литература

1. ISAAA. Global status of commercialized Biotech/GM crops: 2016. ISAAA Brief № 52. ISAAA: Ithaca, NY. 125 p.
2. GM Approval Database [Электронный ресурс], дата обращения февраль 2018 г. Режим доступа: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/default.asp>.
3. World Agricultural Production / United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, Circular Series: February 2018. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars-production.pdf>
4. FAS. Russian Federation: Agricultural Biotechnology, Annual Report 2016, № RS1669 / FAS, Moscow Staff, 2016. 25 p.
5. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования государственного регулирования в области генно-инженерной деятельности: [федер. закон от 03.07.2016 N 358] // Российская газета. № 151. 12.07.2016.

### ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ГЕНОТИПОВ РЖИ, УСТОЙЧИВЫХ К *CLAVICEPS PURPUREA* (FR.) TUL.

*Т. К. Шешегова*<sup>1,2</sup>, *Л. М. Щеклеина*<sup>1</sup>, *А. К. Вотинцева*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральный аграрный научный центр  
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, [sheshegova.tatyana@yandex.ru](mailto:sheshegova.tatyana@yandex.ru)

<sup>2</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Научный интерес к решению проблемы распространения спорыньи, активно развивавшийся в СССР до 60–70 гг., постепенно угас. Рожь тогда занимала 16–17 млн. га [1], и обоснованные к тому времени меры профилактики от болезни были в целом достаточными для недопущения эпифитотий. В настоящее время площади ржи в Российской Федерации составляют около 3 млн. га, а в Кировской области – на уровне 80–90 тыс. га. Существенно изменился количественный и качественный сортимент ржи. Химическая промышленность разработала несколько фунгицидов для защиты от спорыньи. Однако проблема ее меньше не стала, наоборот, становится одной из первостепенных в селекции и производстве всех зерновых культур. В какой-то мере это обострение связано с ориентацией современных агрохолдингов на

энерго-ресурсосберегающие агротехнологии, несоблюдением севооборотов, а также наличием огромных территорий запущенных земель [2].

В связи с ужесточением отечественного стандарта на рожь, наука вынуждена возвратиться к решению проблемы спорыньи. В Беларуси в конце прошлого века эти исследования были особенно актуальными, поскольку возделываемая в то время тетраплоидная рожь более восприимчива к болезни. Отдельные исследования проводились в Московском [3] и Татарском НИИСХ [4]. Тем не менее, целенаправленных селекционных программ в НИУ РФ нет. Надо сказать, что существенно затрудняет разработку селекционно-генетических методов отсутствие информации по фенотипическому составу природных популяций патогена и сложная биология возбудителя – гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul., цикл развития которого складывается из трёх обособленных стадий: склероциальной, сумчатой (половая стадия гриба) и конидиальной (бесполая стадия, имеющая самостоятельное название – *Spacelia segetum* Levi.). В этом процессе нужны также знания о биологических маркерах активного и пассивного иммунитета к болезни. Однако до настоящего времени механизмы устойчивости к спорынье (особенно биохимия признака) абсолютно не ясны.

Целенаправленная работа по селекции озимой ржи на устойчивость к спорынье начата в 2010 г. в лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в соответствии с планом НИР №№ 04.03.03; 0767-2014-0003; 0767-2014-0005.

Цель исследований: поиск и создание генотипов озимой ржи, устойчивых к *C. purpurea*.

В нашем распоряжении была чистая культура патогена (конидиальная и аскоспоровая), полученная в лаборатории и культивируемая на картофельно-глюкозном агаре. При инокуляции использовали разный инфекционный материал: водную суспензию конидий и твердый инокулюм (склероции). Заражение в зависимости от поставленных задач осуществляли тремя способами: опрыскивание растений в период массового цветения; инокуляция цветков шприцом в начале колошения; внесение физиологически созревших склероций в почву фитопатологического участка. Концентрация спор в инокуляте  $5 \times 10^5$  кон/мл., доза инокулюма при опрыскивании растений 50 мл/м<sup>2</sup> [5]. Инокулюм вносится в каждый цветок у 10–15 растений каждого сорта с помощью шприца, но достаточно заражать лишь 2–3 колоска в средней части колоса, чтобы оценить генотипы по признаку «поражение». При твердом инокулюме склероции в количестве 10–20 шт./ м<sup>2</sup> помещали в почву на глубину 2–4 см в конце осенней вегетации растений.

Материалом исследований были 32 сорта озимой ржи отечественной селекции и 25 перспективных популяций селекции НИИСХ Северо-Востока, изучение которых проходило на фитопатологическом участке, в питомниках отбора, конкурсном и предварительном сортоиспытании. Десять реципрокных гибридов (F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub>), полученных от скрещивания контрастных по устойчивости к спорынье генотипов, изучали в гибридном питомнике при ис-

кусственной инокуляции цветков суспензией конидий. Повторность в полевых исследованиях 3-х кратная.

Важным биологическим маркером устойчивости к спорынье является повышенное пыльцеобразование. Этот признак активно используют в KWS Lochoy GmbH (Германия). Для селекции отбирают отдельные биотипы и сорта с относительно высокой пыльцевой продуктивностью, поскольку уже опыленные цветки более устойчивы к заражению [6]. Фактором пассивного иммунитета к спорынье является также характер цветения генотипов: открытое и закрытое, короткое и продолжительное, активное и растянутое. В естественных условиях спорыньей поражаются все закрыто цветущие зерновые культуры и злаковые травы. Тем не менее, при таком цветении условия для прорастания аскоспор и конидий менее благоприятные и они могут терять жизнеспособность в завязи.

В целях поиска генотипов с дружным, коротким периодом цветения и обоснования использования данного механизма в селекции на устойчивость к спорынье мы изучили 32 сорта отечественной селекции. Относительно продолжительным (8–10 дней – в среднем за 3 года) и неактивным (61–74% – в среднем за 3 года) цветением отличались сорта: Снежана, Волхова, Эра, Эстафета Татарстана; наиболее коротким (5–8 дней) и дружным (79–89%) – Саратовская 7, Безенчукская 87, Иван, Антарес, Популяция БС, Памяти Кунакбаева, Рушник. Состояние признаков у других изучаемых сортов носило промежуточный и нестабильный характер [7].

Установлена достоверная (при  $P \geq 0,05$ ) зависимость между активностью (массовостью) цветения растений и поражением их спорыньей ( $r = -0,65$ ). Кроме того, на проявление болезни влияет густота продуктивного стеблестоя на единице площади, обусловленная в нашем регионе регенерационной способностью после поражения снежной плесенью ( $r = 0,62$ ). Дополнительное весеннее кущение растений на образовавшихся после слабой перезимовки «пустотах» приводит к образованию позднеспелого подгона, на котором формируется наибольшая масса склероциев. Таким образом, можно полагать, что относительная устойчивость к спорынье на 38,4–42,2% детерминирована одним и тем же механизмом конституционального иммунитета – особенностями цветения растений и регенерационной способностью растений после поражения снежной плесенью. Данное обстоятельство может быть использовано при разработке концептуальной модели устойчивого к спорынье сорта озимой ржи.

При анализе гибридов  $F_1$  выявлено преобладание цитоплазмы в контроле устойчивости озимой ржи к спорынье. Влияние отцовских компонентов на резистентность гибридных семян материнских растений значительно слабее. У изучаемых генотипов озимой ржи выявлен дигенный и тригенный доминантный контроль этого признака. Теоретически рассчитанные расщепления могут быть использованы для изучения генетики устойчивости ржи к спорынье при правильной интерпретации полученных результатов.

В растительно-микробных взаимоотношениях «*Secale cereale* – *Claviceps purpurea*» велика роль случайных (неучтённых) факторов – 42,9 и 37,9%. Это, к сожалению, значительно ограничивает возможности классической селекции в данном направлении. Как и в отношении других болезней (снежная плесень, корневые гнили, фузариоз колоса, склеротиния, оливковая плесень), возбудителями, которых являются неспециализированные патогены, селекция должна быть ориентирована на выносливость. С учетом инфекционного потенциала каждого года следует выявлять популяции с наименьшим ущербом для урожая, а также биотипы, формирующие относительно меньшее количество склеротий на растениях. Примерная схема исследований методами классической селекции предполагает следующие этапы работ:

- ступенчатый скрининг генофонда культуры и рекуррентный отбор устойчивых биотипов на жестком инфекционном фоне;
- тестирование устойчивости и продуктивности выделенных биотипов методом половинок в условиях естественных эпифитотий или искусственного заражения;
- создание микропопуляций на основе лучших биотипов;
- включение источников устойчивости в программу скрещиваний с селекционно-ценными сортами ржи;
- тестирование гибридов и микропопуляций по комплексу признаков в полевых условиях, в т.ч. при искусственной инокуляции.

За период 2013–2017 гг. при искусственной инокуляции растений изучено 55 сортов озимой ржи. Наименее поражаемыми являются перспективные популяции селекции НИИСХ Северо-Востока: Рада, Флора, Флора *RFc*, Леда, Сармат, Грация, Перепел, 41/08, Графиня и отборы из неё (Графиня *RFc*, Графиня 11/10, Графиня 2D, Графиня 7-10/12); сорта отечественной селекции: Московская 12 и Татьяна (Московский НИИСХ), Антарес (Самарский НИИСХ), Памяти Кунакбаева (Башкирский НИИСХ), Саратовская 7 (Саратовский НИИСХ).

При создании источников устойчивости использовали метод рекуррентных отборов непоражаемых биотипов в условиях естественных и искусственных эпифитотий. Критериями отбора являлись следующие признаки и их уровень:

- отсутствие склеротий на элитном растении;
- продуктивная кустистость – не менее 3-х колосьев;
- озернённость колоса – 100%;
- устойчивость к полеганию – 9 баллов;
- продуктивность растений – высокая (выше стандарта и исходной формы). Кроме того, обращали внимание и на другие болезни: фузариоз колоса, бурая и стеблевая ржавчина, септориоз. У отобранных биотипов в зависимости от естественной инфекционной нагрузки патогена (-ов) отсутствовали симптомы этих болезней, либо их развитие было относительно слабое.

За период 2009–2016 гг. отобрано 898 элитных растений ржи, устойчивых к спорынье и фузариозу колоса. Работу проводили на сортах Графиня,

Триумф и Кировская 89. В каждой из селективируемых популяций проведено по одному биотипическому отбору. В результате из исходного материала сорта Графиня было сформировано 3 микропопуляции: ФК 7-10/12 (2012 г.), Графит (2014 г.) и Грация (2015 г.), которые дошли до «старших» питомников, представлены в таблице. Они отличаются зимостойкостью на уровне или выше стандарта, Фаленская 4 – более высокой массой 1000 зерен и устойчивостью к полеганию, а популяции Грация и Графит высоко- и среднеустойчивы к септориозу.

Таблица

**Урожайность новых популяций озимой ржи**

Сорт	Урожайность, т/га					
	Предварительное испытание			Конкурсное испытание		
	2014 г.	2015 г.	2017 г.	2013 г.	2015 г.	2016 г.
Фаленская 4 – стандарт	4,20	4,59	2,73	4,82	4,80	3,77
Популяция ФК 7-10/12	5,13	5,67	–	5,22	–	–
Грация	–	–	3,26	–	–	3,61
Графит	–	–	3,34	–	5,08	3,32
НСР <sub>0,5</sub>	–	0,38	0,39	0,25	0,31	0,32

Отобранные из сортов Триумф и Кировская 89 биотипы изучаются в течение 2–3-х лет на изолированных и не изолированных (метод половинок) селекционных питомниках. Выявляются селекционно-ценные семьи и отдельные биотипы. Можно полагать, что структурная неоднородность исходного материала по количеству устойчивых к спорынье генотипов и «силы» генов, контролирующих признак, обусловила разную эффективность улучшающего отбора в этих сортах.

Программа селекции на устойчивость к спорынье обязательно должна содержать питомник искусственного заражения исходного материала, так как эпифитотийное проявление болезни бывает крайне редко. Для усиления развития или провокации болезни посев должен быть несколько разреженным, что может быть обеспечено снижением нормы высева или внесением инфекции снежной плесени. Поскольку влияние средовых факторов на патологический процесс очень велико, выявление и отбор источников устойчивости должен проводиться только в условиях естественных или искусственных эпифитотий. При использовании источников в комбинациях скрещиваний необходимо учитывать преимущественное значение цитоплазмы в проявлении устойчивости озимой ржи к спорынье.

#### Литература

1. Гончаренко А. А. Производство и селекция озимой ржи в Российской Федерации // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003. С. 203.
2. 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: Уральский НИИСХ, 2012. С. 76–82.



3. Гончаренко А. А. Современное состояние производства, методы и перспективы направления селекции озимой ржи в РФ // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Уфа: Башкирский НИИСХ, 2009. 248 с.

4. Хазиев А. З. Селекционные и агротехнические пути повышения устойчивости озимых культур к спорынье в Среднем Поволжье: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Киров, 2008. 19 с.

5. Шаин С. С. Возделывание спорыньи на ржи // Лекарственное растениеводство. Обзорная информация. М.: ЦБНТИмедпром, 1987. Вып. 4. 50 с.

6. Электронный ресурс: [www.youtube.com/watch](http://www.youtube.com/watch).

7. Щеклеина Л. М. Характер цветения сортов озимой ржи различного эколого-географического происхождения. // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2015. С. 286–289.

## СОСТОЯНИЕ САЖЕНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПОСЛЕ ПЕРИОДА ПОКОЯ

**И. А. Коновалова, Н. П. Савиных**

*Вятский государственный университет,  
S-dulcamara@yandex.ru, savva\_09@mail.ru*

Леса Кировской области относятся к подзонам средней, южной тайги и хвойно-широколиственных лесов [1]. Одной из основных лесообразующих пород является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.).

Сосновые леса в Кировской области встречаются фрагментарно и имеют островной характер [2]. Они слагаются несколькими популяциями *P. sylvestris* [3, 4]. Одной из наиболее высокопродуктивных является южная, которая относится к первой миграционной зоне при восстановлении сосняков в послеледниковый период [5]. В настоящее время ведутся работы по искусственному возобновлению этой популяции сосны на особо охраняемой природной территории «Медведский бор» Нолинского района Кировской области.

В мае 2017 г. заложен эксперимент по выращиванию саженцев *P. sylvestris* с закрытой корневой системой из семян местной репродукции. Семена высевали в специальные кассеты с использованием лесного грунта и песка. До октября 2017 г. кассеты находились в поликарбонатных теплицах. Далее их переместили в открытый грунт для перезимовки. В середине ноября из-под снежного покрова было изъято несколько саженцев для определения их жизнеспособности. Анатомио-морфологическая характеристика показала, что саженцы *P. sylvestris* успешно переносят перезимовку [6].

Цель данного исследования – оценить состояние саженцев *P. sylvestris* в конце зимнего периода. Задачи исследования: 1) изучить структурную организацию побеговой и корневой систем; 2) дать характеристику микоризы; 3) отметить особенности внутреннего строения стебля и главного корня.

Объект исследования – саженцы сосны обыкновенной первого года жизни, изъятые из-под снега в середине марта. В лабораторных условиях проведены морфометрия надземной части, главного и боковых корней; анализ верхушечной почки. Для этого использовали разработанный И. Г. Серебряковым [7, 8] на базе сравнительно-морфологического метода способ описания конкретных структур. Для детального рассмотрения органов использовали бинокляр Микромед МС-2-ZOOM со встроенным видеоокуляром. Анатомия вегетативных органов изучена с применением традиционных методик. Для лучшего микроскопирования анатомические срезы окрашивали по методу Мейле – перманганатная реакция [9]. В дальнейшем анализировали их, используя микроскоп Motic VA300 со встроенным видеоокуляром.

Растение *P. sylvestris* первого года жизни имеет удлинённый моноподиально нарастающий неветвящийся побег с настоящими листьями и одревесневающей базальной частью. У особей активно развивается корневая система, происходит микоризация. Корневая система представлена главным корнем и множеством боковых, которые в свою очередь тоже ветвятся.

Высота надземной части саженцев *P. sylvestris* в среднем 4,5–12 см, облиственной части – 1,8–5 см, что сходно с результатами осенних исследований [6]. Семядольные листья у большинства особей буреют и начинают отмирать (рис. 1В, Д, Ж). Хвоинки одиночные, расположены спирально. Отдельные особи имеют красно-бурую окраску хвои, которая, как показали наблюдения, меняется на зеленую при рассеянном солнечном свете. В пазухах отдельных хвоинок расположены пазушные почки, которые в дальнейшем обеспечат ветвление главного побега. Всего насчитывается в среднем от трех до 8 пазушных почек, которые находятся преимущественно в узлах верхних метамеров (рис. 1Б) и одиночно в базальной части (рис. 1В). В течение двух недель нахождения саженцев сосны в лабораторных условиях, пазушные почки верхних метамеров побегов тронулись в рост, в то время как почки базальной части только набухли (рис. 1Г, Д). У побегов *P. sylvestris*, которые находились в лаборатории с ноября 2017 г., к середине марта в пазухах хвоинок верхних метамеров сформировались брахибласты с двумя чешуевидными и двумя настоящими листьями (рис. 1Е, Ж).

Верхушечные почки саженцев сосны сохранились под снежным покровом и сложены множеством листовых зачатков с пазушными почками. Листовые зачатки развиваются в чешуевидные листья и приобретают бурый оттенок. Из их пазушных почек начали развиваться укороченные побеги (рис. 1Б, Г). Верхушечные почки саженцев *P. sylvestris* осенних исследований также тронулись в рост (рис. 1Е).

Таким образом прирост второго года представляет собой ауксибласт с чешуевидными листьями, в пазухах которых развиваются брахибласты с двумя чешуевидными и двумя настоящими листьями.

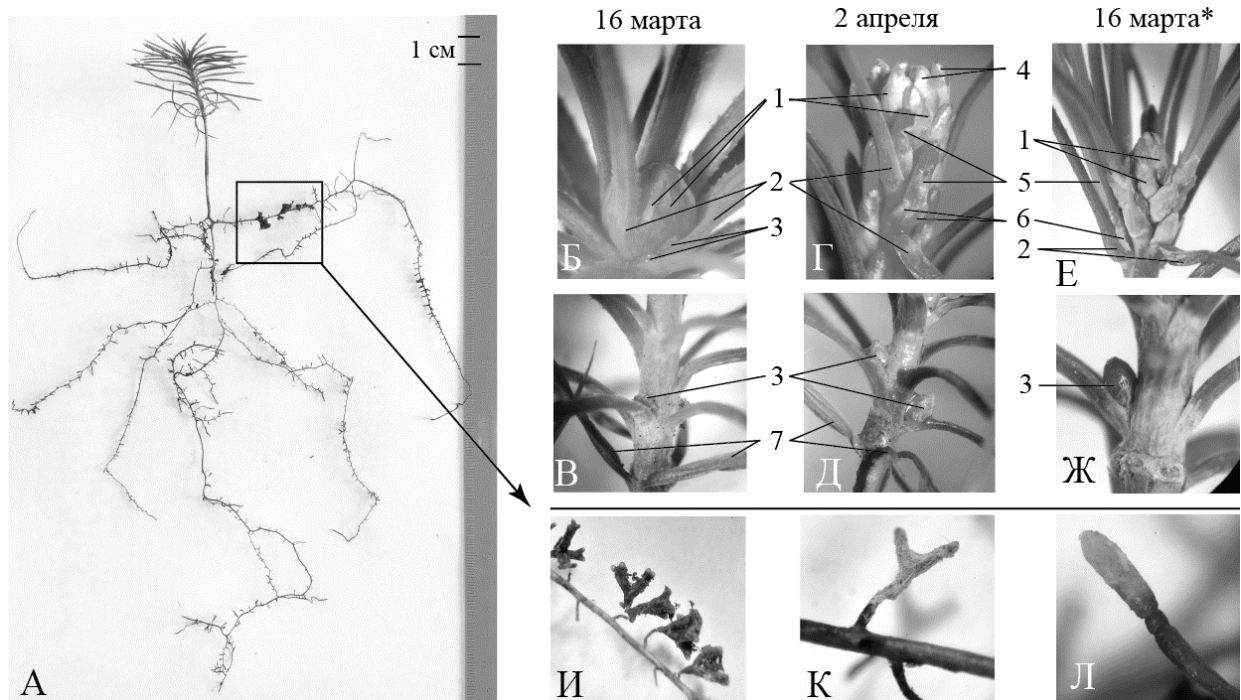


Рис. 1. Морфология саженцев *P. sylvestris*: А – внешний вид; Б, Г, Е – верхушки побегов; В, Д, Ж – базальные участки побегов\*; И – гроздевидная микориза; К – обычная микориза; Л – апекс бокового корня; 1 – чешуевидные листья верхушечной почки, 2 – хвоинки, 3 – пазушные почки, 4 – брахибласты, 5 – хвоинки брахибластов, 6 – чешуевидные листья брахибластов, 7 – семядольные листья

Корневая система молодых растений сосны мощная, сильноветвящаяся (до 20 боковых корней). Длина главного корня варьирует от 6 до 21 см, боковых корней – от 1 (ближе к апексу главного корня) до 20 см (рис. 1А). Вода и питательные вещества в корни сосны поступают через гифы гриба, которые у отдельных особей очень густо оплетают боковые корни. Их верхушки под влиянием жизнедеятельности гриба видоизменяются (рис. 1Л), образуя эктрофную микоризу. По представлениям В. И. Шубина [10] существует четыре типа микориз сосны. У исследуемых особей обнаружена гроздевидная (рис. 1И) и обычная (рис. 1К) микориза.

В целом, саженцы *P. sylvestris* соответствуют растению в ювенильном онтогенетическом состоянии, при котором абсолютный возраст особи составляет 2–4 года, согласно данным Л. А. Жуковой с соавторами [11]. Вероятно, при искусственном возобновлении методом закрытой корневой системы наблюдается ускорение развития сосны на начальных этапах онтогенеза. Это

\* Фото частей побега саженцев, изъятых из-под снега и проанализированных 16 марта и 2 апреля 2018 г., отмечены буквами Б, В и Г, Д соответственно. Анализ саженцев, находящихся в лаборатории с ноября 2017 г., проведен 16 марта 2018 г. Фото частей побегов этих саженцев приведены под буквами Е, Ж.

дает возможность осуществлять искусственное лесовосстановление саженца-ми сосны первого года жизни.

Во внутреннем строении стебля саженцев *P. sylvestris* не отмечено существенных изменений. Сверху стебель покрыт эпидермой, клетки которой имеют равномерно утолщенные стенки (рис. 2А, Б). Местами эпидерма слущивается, под ней формируется вторичная покровная ткань. Первичная кора сложена рыхло расположенными крупными округлой формы паренхимными клетками с большим количеством хлоропластов. При разрушении этих клеток формируются крупные воздухоносные полости (рис. 2Б). Четкой границы между первичной корой и центральным цилиндром нет. Большую часть центрального цилиндра занимает вторичная ксилема из крупных трахеид с равномерно утолщенными стенками (рис. 2А). На поперечном срезе как в первичной коре, так и в центральном цилиндре четко просматриваются крупные смоляные ходы (рис. 2А). В центре стебля имеется полость.

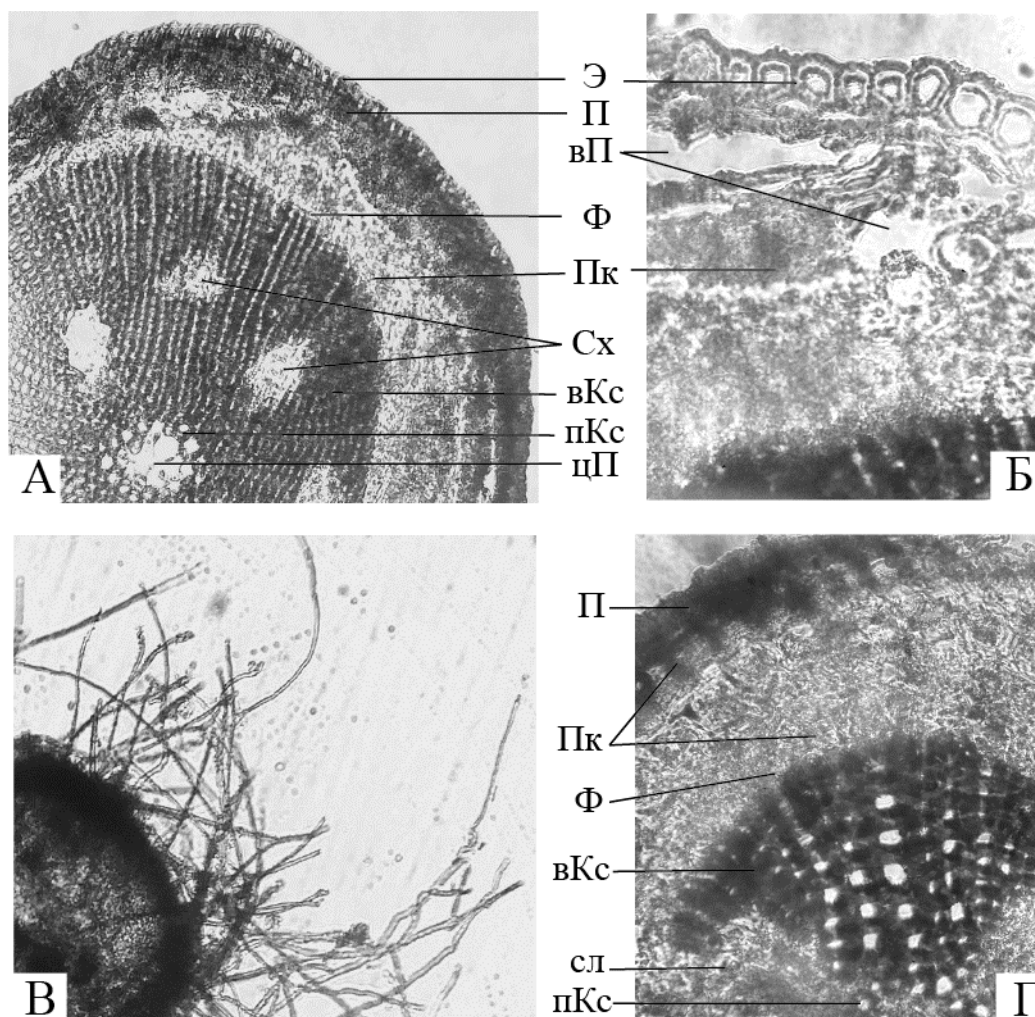


Рис. 2. Внутреннее строение стебля (А, Б) и главного корня (В, Г) *P. sylvestris*:  
 Э – эпидерма, П – перидерма, вП – воздухоносные полости, Ф – флоэма,  
 Пк – паренхима коры, Сх – смоляные ходы, вКс – вторичная ксилема,  
 пКс – первичная ксилема, цП – центральная полость, сл – сердцевинный луч

На поперечном срезе главного корня наблюдаем вторичные изменения покровных тканей с образованием перидермы. Ковнутри залегает мощный блок крупных, рыхло расположенных паренхимных клеток (рис. 2Г). В центральном цилиндре четко просматриваются три открытых коллатеральных проводящих пучка с хорошо выраженными сердцевинными лучами (рис. 2Г). Вторичные изменения структуры корня хорошо заметны: вся флоэма – и первичная, и вторичная – отодвигается к периферии центрального цилиндра. В противоположном направлении камбий формирует участки вторичной ксилемы.

Поперечный срез апекса бокового корня показал наличие плотно переплетающихся гиф гриба (рис. 2В).

Таким образом, внутреннее строение *P. sylvestris* типично для однолетнего голосеменного растения. Морфоанализ показал жизнеспособность всех органов и структур саженцев, что свидетельствует об успешной их перезимовке. Растения, которые пребывали в лабораторных условиях с ноября 2017 г., начали развиваться в середине марта. Период покоя составил 6 месяцев с момента вынесения их в открытый грунт.

#### Литература

1. Леса Кировской области / Под ред. А. И. Видякина, Т. Я. Ашихминой, С. Д. Новоселова. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2008. 400 с.
2. Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Видякин А. И., Гальвас А. Г. Основы устойчивого сохранения остепненных боров в пределах особо охраняемых природных территорий // Вестник Костромского государственного университета им. Н. А. Некрасова. Т. 20. № 7. Кострома, 2014. С. 62–65.
3. Видякин А. И. Миграция в голоцене и популяционная структура *Pinus sylvestris* L. на востоке европейской части России // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Йошкар-Ола, 1998. С. 4–12.
4. Видякин А. И. Популяционная структура сосны обыкновенной на востоке европейской части России: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 2004. 48 с.
5. Дармов И. В., Савиных Н. П., Пересторонина О. Н. Оценка перспектив создания биопрепарата для микоризации семян *Pinus sylvestris* применительно к эколого-географическим условиям Кировской области // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения. Киров, 2017. С. 50–56.
6. Шаклеина М. Н., Лелекова Е. В., Коновалова И. А. Морфологические и анатомические особенности саженцев сосны обыкновенной первого года жизни // Общество, наука, инновации» (НПК–2018): Материалы Всерос. ежегодной науч.-практ. конф. в печати.
7. Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М.: Советская наука, 1952. 390 с.
8. Серебряков И. Г. О методах изучения ритмики сезонного развития растений в геоботанических стационарах // Доклады совещания по стационарным геоботаническим исследованиям. Л., 1954. С. 145–159.
9. Барыкина Р. П., Веселова Т. Д., Девятов А. Г., Джалилова Х. Х., Ильина Г. М., Чубатова Н. В. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
10. Шубин В. И. Микотрофность древесных пород. Л.: Изд-во «Наука», Ленингр. отд., 1973. 264 с.
11. Жукова Л. А., Нотов А. А., Турмухаметова Н. В., Тетерин И. С. Онтогенез сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Онтогенетический атлас растений. Т. VII. Йошкар-Ола, 2013. С. 26–66.

## СЕЗОННЫЙ РОСТ КЛЕТОК КСИЛЕМЫ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*С. В. Алексеева, Д. В. Тишин*

*Казанский федеральный университет, alekseevasvetlana1996@mail.ru*

В условиях глобальных перестроек природной среды, вопросы реакции и адаптации лесных сообществ на потепление климата становятся все более значимыми, особенно с учетом региональных особенностей. Наиболее удачным объектом для оценки таких процессов являются древесные растения, которые благодаря своим годичным кольцам способны фиксировать различную экологическую информацию. Один из важных параметров исследования радиального прироста деревьев является изучение сезонного роста клеток в зависимости от температуры и количества доступной для использования растением влаги.

Изменчивость численности клеток ксилемы и их размеров содержит информацию о механизмах адаптации деревьев к сезонным колебаниям климатических условий. Клетки ксилемы (трахеиды) являются важной и пластичной составляющей транспортной системы, определяющей водный баланс растений. Недостаточно адаптированная структура для водного транспорта может привести к серьёзным последствиям для дерева. Поэтому деревьям необходимо формировать трахеиды с соответствующими размерами, чтобы гарантировать эффективный и безопасный транспорт воды. Поскольку для дерева в целом, помимо гидравлической, большое значение имеет и механическая функция, то оптимизация структуры ксилемы происходит за счет увеличения или уменьшения площади поперечного сечения стенок трахеид [1]. Изучение сезонного роста и анатомической структуры годичных колец деревьев в условиях Татарстана проводятся впервые. Таким образом, целью данной работы являлось изучение ксилогенеза сосны обыкновенной в условиях Республики Татарстан на примере 2016 года.

Исследования сосны обыкновенной проводили на северо-западе Республики Татарстан в Высокогорском лесничестве кв. 65 (N 55.936719, E 49.285566). С помощью бура Trephor каждые семь дней с четырех модельных сосен отбирались микрокерыны [2]. Первая дата отбора микрокерна 24 апреля, последняя 02 октября. С помощью микротомы получали тонкие поперечные срезы микрокернов древесины сосны. Срезы окрашивали красителями для контрастного разграничения нелигнифицированных и лигнифицированных тканей [3]. Окрашенные и промытые срезы помещали в каплю глицерина на предметное стекло. Количество и размеры клеток измеряли в пяти повторностях с помощью системы анализа изображений и программного пакета AxioVision 4.8.2. Индекс Морка вычислялся по методике, описанной в работе [1]. Метеорологические наблюдения выполнены с помощью мобильной метеостанции. Визуализация полученных данных и моделирование сезонного и

годового прироста в его взаимосвязи с метеорологическими условиями проведена с помощью программы Excel.

По данным локальной метеостанции за весь период наблюдений температура в среднем составила +15,5 °С. Постепенный подъем температуры идет с апреля до середины августа, далее – спад. Пики температур наблюдались в третьей декаде мая и в середине июня. Очень жарким был август. Понижения температур наблюдались в середине мая, первых числах июня, а также – в начале июля. Максимальное значение температуры наблюдалось 10 августа (+34 °С), минимальное – 8 июня (+10 °С). За вегетационный период (май – август) выпало – 115 мм осадков. Максимум наблюдался 10 августа (26 мм). С середины и до конца июля осадков не выпадало. Так, в июле выпало всего лишь 19 мм осадков (28% от нормы).

Динамика сезонного нарастания слоя древесины показала классическую сигмоидную форму (рис. А). Начало образования первых клеток ксилемы приходилось на 15 мая. Конец деления клеток наблюдался 23 августа. Кульминация роста наблюдалась 28 июня (рис. Б). Общее количество дней сезонного роста сосны составило 101 день.

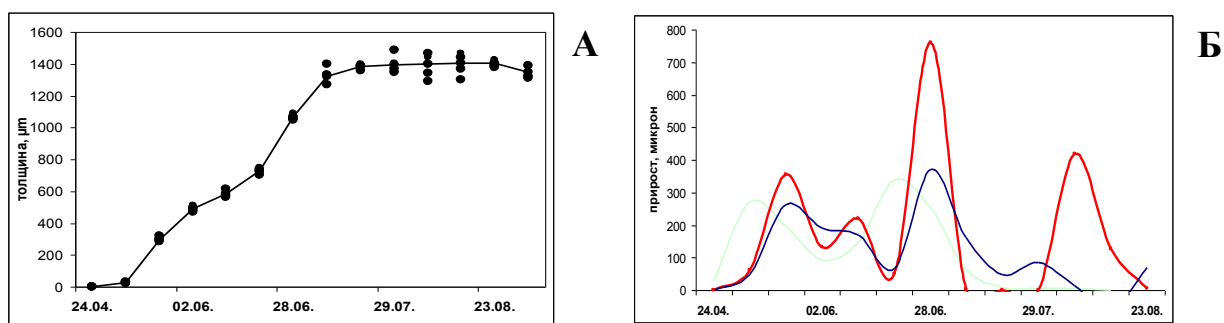


Рис. Сезонный рост клеток ксилемы сосны (А), скорость роста клеток (Б), μm

Общий ход сезонного радиального прироста (начало, кульминация, конец) соответствует ходу изменения температуры воздуха. Начало роста клеток наблюдается, когда среднесуточная температура воздуха достигает 10,4 °С. Кульминация роста наблюдалась в конце июня при средней суточной температуре 20–22 °С, а конец роста клеток происходил на фоне повышения температуры до 23 °С в конце августа.

В течение вегетационного периода рост клеток ксилемы шёл скачкообразно, что прямо связано с метеорологическими условиями текущего года. Визуальное сопоставление кривых радиального прироста и суммы осадков делает очевидным тот факт, что пик сезонного роста клеток сосны совпадает с пиками выпадения осадков.

Наиболее применяемый способ определения границы между ранней и поздней древесиной является вычисление показателя индекса Морка. В результате измерений поздней древесины Морка, было установлено, что ранняя древесина формировалась с 15 мая по 19 июня, а поздняя с 20 июня по 23 августа. В ходе исследования клеток ксилемы сосны нами было обнаружено

ложное кольцо, которое состояло из ряда в 4 слоя клеток. Образование клеток ложного кольца приходилось на вторую декаду июня. Вероятно, что ложное кольцо сформировалось из-за неблагоприятных погодных условий в конце июня 2016 г., в период кульминации роста клеток ксилемы сосны.

#### Литература

1. Свидерская И. В., Суховольский В. Г., Радостева Е. Ю., Кирдянов А. В. Модельная оценка оптимального соотношения между толщиной клеточной стенки и размером люмена у трахеид хвойных // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2011. Т. 2. № 4. С. 183–196.
2. Rossi S., Anfodillo T., Menardi R. Trephor: a new tool for sampling microcores from tree stems // IAWA. 2006. № 27. P. 89–97.
3. Gartner H., Schweingruber F. H. Microscopic preparation techniques for plant stem analysis // Kessel Publishing House. Remagen. 2013. 78 p.

### АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ *IRIS SIBIRICA* L.

**К. Р. Шамсувалиева, С. В. Шабалкина**  
Вятский государственный университет,  
*shamsuvalieva95@bk.ru, Nasturtium2017@yandex.ru*

Благодаря появлению цифровой фотографии значительно расширились возможности изучения анатомического строения растений. Моментальное получение снимков проверяемого качества обеспечивает также документированный анализ каких-либо признаков [1], позволяет описывать изменение внутреннего строения органов в онтогенезе особи и демонстрировать адаптации растений к экологическим условиям. Несмотря на значительное число данных, многие вопросы анатомического строения разных объектов далеки от окончательного решения. В связи с этим целью работы стало изучение анатомического строения стебля *Iris sibirica* L. (семейство Iridaceae Juss.) – ириса сибирского (касатика сибирского) – для выявления приспособлений растений к условиям среды.

*I. sibirica* – восточноевропейско-азиатский бореальный вид [2], ареал которого охватывает территорию Средней Европы, Прибалтики, Белоруссии, Украины, Молдавии, Кавказа, Малой Азии и Монголии [3]. В России произрастает во многих районах европейской части, Западной Сибири и на юго-западе Восточной Сибири. Это слабо субконтинентальный и умеренно-теплолюбивый вид; предпочитает богатые гумусом и хорошо увлажнённые почвы; открытые или слабо-затенённые пространства [4, 5]. Поэтому основными местообитаниями *I. sibirica* являются пойменные луга, берега водоёмов, окраины болот, опушки и поляны пойменных дубняков [3, 5]. В Кировской области – месте сбора материала – растение встречается изредка в пойме р. Вятки и её крупных притоков, в Центрально-Северном, Западном, Восточном, Центрально-Южном, Юго-Восточном и Южном районах [6]. В связи с редкостью в регионе *I. sibirica* занесён в Приложение 2 Красной книги Киров-



ской области [7] и нуждается в постоянном контроле и наблюдении за состоянием популяций. Вид давно введён в культуру, выведено несколько сортов, отличающихся цветом околоцветника. Тем не менее, в садах и парках встречается довольно редко [3].

Материалом для исследования послужили побеговые системы генеративных особей *I. sibirica*, собранные на пойменном лугу в окрестностях г. Кирова. Совместно с ним произрастали *Alopecurus pratensis* L., *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *Dianthus superbus* L., *Festuca pratensis* Huds., *Filipendula denudata* (J. et C. Presl.) Fritsch., *F. ulmaria* (L.) Maxim., *Galium boreale* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Ranunculus auricomus* L., *Rumex acetosa* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Vicia cracca* L., *Viola canina* L. и другие.

Для изучения внутреннего строения побеговые системы и их части фиксировали в 70 %-ном спирте. В лаборатории провели серию последовательных поперечных срезов междоузлий стебля первого (базальная часть, в основании), третьего (далее средняя часть) и пятого (в области соцветия) метамеров. Временные микропрепараты окрашивали раствором флороглюцина с соляной кислотой, изучали под бинокулярным микроскопом Motic BA 300 со встроенной цифровой камерой. Измерения линейных размеров проводили при помощи программного обеспечения, разработанного научным сотрудником лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН, канд. техн. наук Г. Я. Кантором. Количественные данные статистически обработаны и представлены в виде средних значений и отклонений от средних.

Стебель *I. sibirica* цилиндрический, полый. На поперечном срезе выделяются три анатомо-топографические зоны: покровная ткань, первичная кора и центральный цилиндр. Покровная ткань представлена эпидермой, образованной одним слоем плотно сомкнутых прямоугольных клеток (рис.) с погружёнными устьицами. Длина основных эпидермальных клеток варьирует от 10 до 20 мкм, ширина – от 10 до 25 мкм (табл.). Длина клеток превалирует у эпидермы стебля в средней части, ширина – у клеток эпидермы основания побега. Сверху эпидерма покрыта кутикулой, которая наиболее выражена у междоузлий выше расположенных метамеров.

Таблица

**Значения некоторых биометрических показателей структур стебля *Iris sibirica***

№ п/п	Признак	Размер*, мкм		
		базальная часть	средняя часть	в области соцветия
1	2	3	4	5
1	Длина основных эпидермальных клеток	$14,2 \pm 2,1$ 10,0–15,0	$16,6 \pm 4,1$ 10,0–20,0	$15,0 \pm 4,5$ 10,0–20,0
2	Ширина основных эпидермальных клеток	$19,2 \pm 6,6$ 10,0–30,0	$13,3 \pm 6,1$ 10,0–25,0	$16,6 \pm 5,1$ 10,0–25,0
3	Толщина первичной коры	250	180	115
4	Диаметр просвета клеток перидермальной склеренхимы	$13,5 \pm 4,7$ 5,0–20,0	$12,5 \pm 5,9$ 5,0–20,0	$11,6 \pm 5,0$ 5,0–20,0

## Окончание таблицы

1	2	3	4	5
5	Длина сосудисто-волокнистого проводящего пучка	$\frac{133,7 \pm 9,5}{120,0-140,0}$	$\frac{182,5 \pm 12,6}{170,0-200,0}$	$\frac{135,0 \pm 24,2}{115,0-170,0}$
6	Ширина сосудисто-волокнистого проводящего пучка	$\frac{96,3 \pm 6,3}{90,0-105,0}$	$\frac{115,0 \pm 5,8}{110,0-120,0}$	$\frac{103,7 \pm 11,1}{95,0-120,0}$

\* в числителе – среднее и ошибка, в знаменателе – min–max значения.

Первичная кора, толщина которой варьирует от 115 мкм (у верхушки) до 250 мкм (в основании побега), сложена хлорофиллоносной паренхимой. Первые её ряды имеют небольшие межклетники, клетки расположены довольно рыхло, диаметр их увеличивается центростремительно. Ограничивает первичную кору однорядная эндодерма из округлых крупных клеток (рис.).

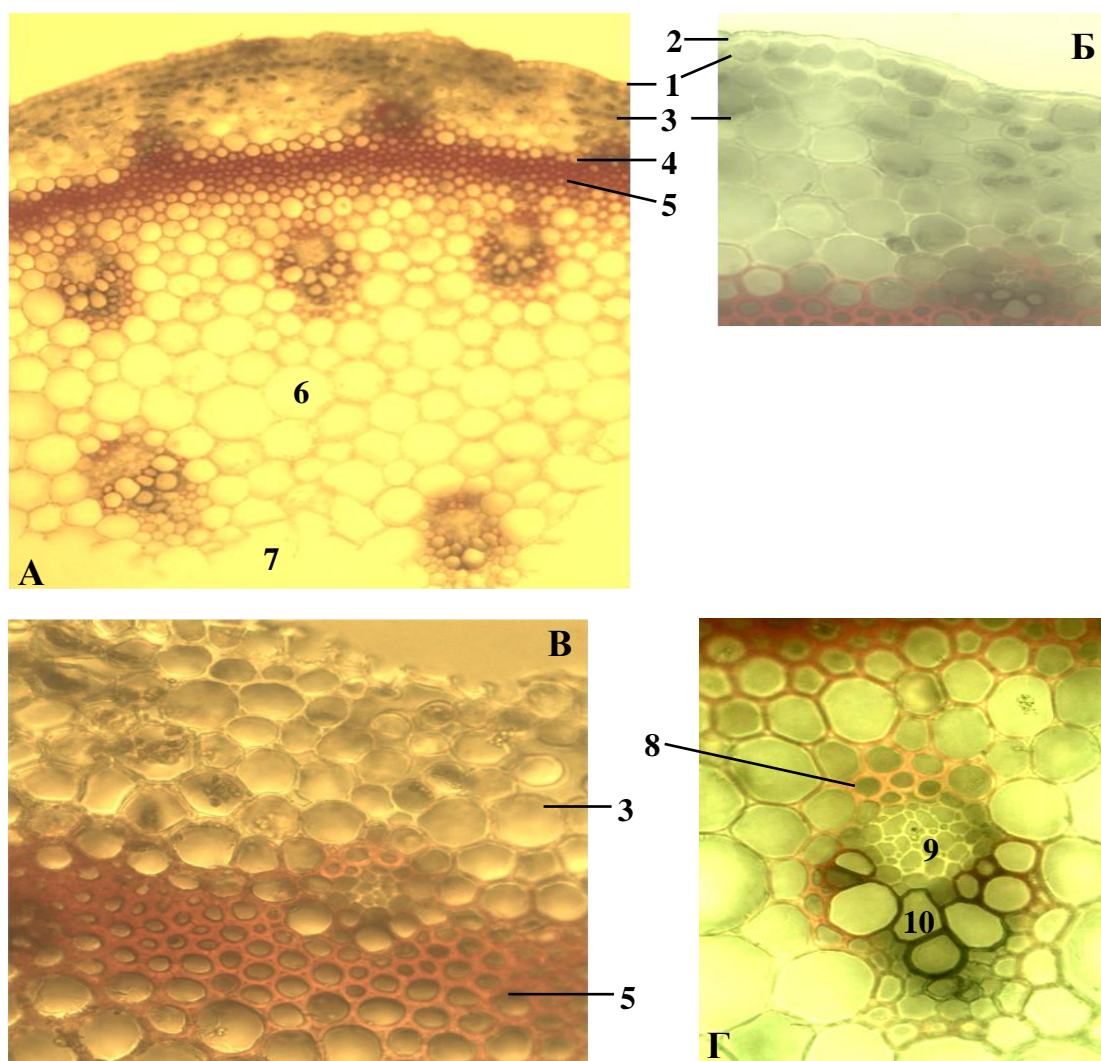


Рис. Анатомическое строение стебля *Iris sibirica*: А – общий вид (увел.  $\times 100$ ); Б, В – фрагменты (увел.  $\times 400$ ); Г – сосудисто-волокнистый проводящий пучок (увел.  $\times 400$ ); 1 – эпидерма; 2 – кутикула; 3 – хлоренхима первичной коры; 4 – эндодерма; 5 – перициклическое склеренхимное кольцо; 6 – паренхима стелы; 7 – центральная воздухоносная полость; 8 – склеренхимная обкладка пучка; 9 – флоэма; 10 – ксилема

Наибольший диаметр занимает центральный цилиндр. По его периферии находится склеренхимное кольцо перициклического происхождения. Диаметр просвета клеток изменяется от 5 до 20 мкм (табл.). Толщина оболочки больше у клеток междоузлий в основании стебля. Это дополнительно обеспечивает поддержание высоких цветоносов (длиной до 1 м) и биомассы растения.

Ковнутри от склеренхимного кольца пространство занято основной паренхимой, в которой беспорядочно разбросаны округлые сосудисто-волоконистые закрытые коллатеральные проводящие пучки (рис.). Клетки паренхимы округлые или овальные, размер их к центру возрастает, составляет от 30 до 130 мкм. Число и плотность расположения проводящих пучков увеличиваются к периферии. Длина пучков изменяется от 115 до 170 мкм, ширина – от 90 до 120 мкм. Наибольшие их линейные размеры наблюдаются в средней части побега (табл.). Часть пучков, особенно в междоузлиях третьего и пятого метамеров, вдаются в склеренхимное кольцо. Флоэма в пучках образована ситовидными трубками и клетками-спутницами, ксилема – трахеидами и трахеями. Пучок окружен склеренхимой, что придаёт дополнительную прочность стеблю и способствует поддержанию водного баланса. Большую часть стелы занимает центральная воздухоносная полость.

Среди клеток паренхимы коры и осевого цилиндра стебля цветоносов изредка встречаются идиобласты с желтым и красным содержимым [8]. Гистохимические реакции показали, что в них накапливаются вещества – продукты окисления дубильных соединений, подобные флобафену [9].

Таким образом, анатомическое строение стебля *I. sibirica* имеет признаки, характерные для других видов семейства *Iridaceae*, но несёт черты адаптаций к условиям среды. Наличие небольших межклетников в первичной коре и центральной воздухоносной полости способствует запасу газов. Развитая кутикула и погружённые устьица позволяют поддерживать водный баланс в теле растения. Присутствие мощного склеренхимного кольца и обкладок пучков придают механическую прочность с одной стороны, с другой – являются дополнительной преградой для излишнего испарения. Большое количество проводящих элементов свидетельствуют о достаточном снабжении надземных органов растения водой и минеральными веществами. Выявленные особенности обеспечивают формирование крупных побеговых систем *I. sibirica* и произрастание на субстратах, подверженных переменному обводнению.

*Исследование поддержано РФФИ (проект № 16-04-01073)*

#### Литература

1. Марков М. В., Юсуфова В. З. Особенности анатомического строения растений рода недотрога *Impatiens* (Balsaminaceae) // Вестник ТГУ. 2013. Т. 18. Вып. 6. С. 3196–3202.
2. Цвелёв Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб., 2000. 781 с.
3. Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 1. Папоротники, хвощи, плауны, голосе-

менные, покрытосеменные (однодольные). М.: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2002. 526 с.

4. Флора европейской части СССР. Т. 4. Л., 1979. 435 с.

5. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. Изд. 11-е. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2014. 536 с.

6. Определитель растений Кировской области: 2-х ч. / сост. Ф. А. Александров, Л. А. Зубарева, В. П. Клирсова и др. Ч. 1. Киров: Кир. гос. пед. ин-т им. В. И. Ленина, 1975. 254 с.

7. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

8. Gontova T. N., Zatylnikova O. A. Comparative morphological and anatomical study of leaves and stems of *Iris pseudacorus* and *Iris sibirica* // International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 2013. Vol. 5. Suppl 3. P. 574–578.

9. Родионенко Г. И. Род ирис – *Iris* L. (вопросы морфологии, биологии, эволюции и систематики). М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1961. 216 с.

## СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО В ПОЙМЕ р. КАЗАНКА (РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН)

*Д. В. Тишин, Ю. В. Алексеева, Н. Г. Марданова*  
*Казанский федеральный университет, dtishin@kpfu.ru*

Изучение биологии и стратегии инвазионных видов является одним из аспектов современной биологии и экологии. Особое внимание при этом уделяется признакам репродуктивной сферы, так как закрепиться на новой территории могут только виды с эффективной системой размножения [1]. В настоящее время на территории России самым известным инвазивным растением является – борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden), распространение которого приобрело катастрофический характер [2, 3]. В Республике Татарстан (РТ) испытания этого вида в качестве силосного растения начались в 1960-х гг. Например, на базе учхоза КГАВМ имени Н. Э. Баумана в районе п. Дачное Высогорского района РТ [4]. Такие же испытания проводились на полях ТатНИИСХ в районе п. Сокуры Лаишевского района РТ. Первые находки борщевика Сосновского вне агроценозов зарегистрированы на территории Казани в районе Фермы-2 в 1968 году ботаником Ивановой Р. Г. (личное сообщение В. Е. Прохорова). В настоящее время, отмечены пока локальные местонахождения *H. sosnowskyi*, но проникновение его имеет экспансивный характер. Вид занял крепкие позиции на заброшенных фермах, а самое большое распространение вдоль водоемов, болот и рек. По данным обследования 2012 г., в нашей республике занимаемая площадь этого опасного вида составляет около 100 га [5]. Несомненно, *H. sosnowskyi* в РТ имеет статус вида – «трансформера», активно внедряющегося в естественные и полуприродные сообщества, изменяющего облик экосистем, выступающего в качестве эдификатора и доминанта, образующего обширные заросли и препятствующего возобновлению видов природной флоры.

Цель настоящей работы – исследование семенной продуктивности борщевика Сосновского, произрастающего в пойме р. Казанка на территории РТ.

В 2017 г. были заложены три пробной площадки размером 10x10 метров. Выбирали участки, где растения борщевика образовывали монодоминантные заросли: в пойме р. Казанка (нижнее и среднее течение). Участок № 1 расположен в районе «Русско-немецкой Швейцарии» (Вахитовский район г. Казань); участок № 2 – в районе пос. Кадышево (Авиастроительный район г. Казань); участок № 3 – в районе пос. Дачное (Высокогорский район РТ).

Внутри каждого участка выделяли 5 учетных площадок по 1 м<sup>2</sup>, на которых определяли число генеративных побегов (плотность). У модельных генеративных побегов учитывали: высоту, диаметр стебля в основании побега (у земли). В верхушечном соцветии подсчитывали число малых зонтиков, число карпофор и плодов. Количество плодов и семян, образующихся на одном генеративном побеге и на одном квадратном метре зарослей, определяли расчетным путем. У семян измеряли ширину, высоту и площадь (мм<sup>2</sup>) в программе ImageJ [6]. Статистический анализ данных проводили в программе Past. 3.0 [7].

В результате проведенных исследований *H. sosnowskyi* на трех пробных площадках в пойме р. Казанка было установлено:

1. Средняя плотность генеративных побегов составила – 1,5 шт. на 1 м<sup>2</sup>.
2. Средняя высота растений равна 3,2 м, а средний диаметр стебля (у земли) 7–8 см.
3. Верхушечное соцветие *H. sosnowskyi* образовано 106–111 (в среднем 108) зонтичками. В каждом малом зонтике насчитывается от 42 до 45 (в среднем 43,5) карпофор, на которых крепятся плоды (табл.).

Таблица

**Биометрические параметры структур у борщевика Сосновского**

Участок	Число			
	малых зонтиков	цветоножек в малом зонтике	плодов	семян
№ 1	107±6	43±1	4461±70	8922±145
№ 2	111±9	42±1	4665±357	9330±795
№ 3	106±6	45±4	4915±765	9830±670

4. В верхушечном сложном зонтике, насчитывается от 4,4 до 4,9 тыс. (в среднем 4,6 тыс.) плодов. Таким образом, общее количество семян одного генеративного побега достигает в среднем 9,3 тыс. шт.

5. Средняя длина и ширина семян составили 13,0 и 7,2 мм соответственно. Средняя площадь – 76,6 мм<sup>2</sup>. Средний вес 100 семян равен 1,8 грамм.

6. Каждый квадратный метр зарослей *H. sosnowskyi* является источником около 14 тыс. семян. Таким образом, данный вид в условиях поймы формирует устойчивые популяции, способные к самоподдержанию без повторяющегося заноса.

Предполагаем, что неконтролируемое распространение борщевика Сосновского по пойме р. Казанка началось с земель учхоза КГАВМ в районе пос. Дачное Высокогорского района РТ.

## Литература

1. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Адвентизация растительности: инвазивные виды и инвазибельность сообществ // Успехи современной биологии. 2001. Т. 121. № 6. С. 550–562.
2. Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Черная книга флоры Средней России. Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
3. Лунева Н. Н. Борщевик Сосновского в России: современный статус и актуальность его скорейшего подавления // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 12–19.
4. Гайнуллина М. К. К 85-летию основания кафедры ботаники и кормопроизводства // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2015. № 222. С. 6–9.
5. Муртазина А. Р., Ибрагимова К. К. К изучению распространения борщевика Сосновского *Heracleum sosnowskyi* Manden. // Охрана природной среды и эколого-биологическое образование. Елабуга: Елабужский ин-т КФУ, 2013. С. 165–168.
6. Schneider C. A., Rasband W. S., Eliceiri K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis // Nature methods. № 9(7). 2012. P. 671–675.
7. Hammer O. Past – PAleocological STatistics, ver. 3.0, 2001. 59 p. (<http://www.folk.uio.no/ohammer/past>).

## ЭКОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *VIDENS TRIPARTITA* (ASTERACEAE) В ФИТОЦЕНОЗАХ ПОДЗОНЫ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

*С. В. Шабалкина*

*Вятский государственный университет, Nasturtium2017@yandex.ru*

*Bidens tripartita* L. – циркумбореальный вид, распространённый на территории Европы, Кавказа, Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока, Средней Азии. Встречается также в Монголии, северной Корее, Китае, Японии, Ираке, Австралии, Северной Америке и Северной Африке [1, 2], является обычным растением многих районов России [3]. В Кировской области – месте проведённого исследования – вид отмечен повсеместно и часто [4].

В соответствии с климатическими шкалами Д. Н. Цыганова [5] особи предпочитают промежуточные между субаридными и субгумидными ( $O_m=8$ ) условия материков ( $K_n=9$ ) с суммарной радиацией  $40\text{--}50$  ккал/см<sup>2</sup> · год ( $T_m=9$ ), умеренные зимы со средней температурой самого холодного месяца от  $-8^\circ$  до  $-16^\circ\text{C}$  ( $S_r=7$ ). Согласно шкале освещённости-затенения растениям необходимы открытые и полуоткрытые ( $L_c=2$ ) пространства. Диапазон шкалы солевого режима почв в интервале от 3 до 17 баллов свидетельствует о возможности произрастания *B. tripartita* на почвах от бедных до резко засоленных, требуя богатые или слабозасоленные почвы ( $T_r=10$ ). По шкале гумусированности почвы особи могут встречаться на достаточно обеспеченных, богатых и избыточно богатых азотом почвах, избегают безазотные и бедные почвы ( $N_t=8,5$ ). В соответствии со шкалой кислотности *B. tripartita* не требовательна к pH, отмечается в широком диапазоне действия данного фактора – от очень кислых до щелочных почв, но предпочитает слабокислые ( $R_c=7$ ). По шкале увлажнения спектр местообитаний растений варьирует от сухо-

лесолуговых до прибрежно-водных, наиболее полно реализуются потенции в сообществах с влажно-лесолуговым и сыро-лесолуговым увлажнением ( $H_d=13,5$ ). Согласно шкале переменности увлажнения для *V. tripartita* оптимальны местообитания с умеренно или сильно переменным увлажнением ( $fH=8$ ).

Потенциальная экологическая валентность, определённая по методике Л. А. Жуковой [6] на основе градации шкал Д. Н. Цыганова, по климатическим шкалам изменяется от 0,65 до 0,87. Это позволяет характеризовать *V. tripartita* гемизэвивалентной по термоклиматической шкале ( $T_m=0,65$ ), эвивалентной – по остальным трём шкалам ( $O_m=0,73$ ;  $K_n=0,87$ ;  $C_r=0,87$ ). Климатический индекс толерантности равен 0,78, что свидетельствует об отнесении к эврибионтной группе. Потенциальная экологическая валентность по шкале освещённости-затенения составляет 0,33, что соответствует принадлежности к стеновалентной фракции. По почвенным шкалам данный показатель у *V. tripartita* варьирует от 0,36 до 1,00, в соответствии с которым вид является гемистеновалентным по шкалам обеспеченности азотом ( $N_t=0,36$ ) и переменности увлажнения ( $fH=0,45$ ), мезовалентным – по увлажнению почвы ( $H_d=0,52$ ), эвивалентным – по шкалам солевого режима ( $T_r=0,79$ ) и кислотности почвы ( $R_c=1$ ). Почвенный индекс толерантности равен 0,63, что свидетельствует об отнесении к гемизэврибионтной группе.

Обобщённый индекс толерантности составляет 0,58, что характеризует вид гемизэврибионтным в совокупности к 10-ти факторам. Лимитируют распространение *V. tripartita* сухие безазотные или с застойным увлажнением почвы, низкая освещённость. Несмотря на это, спектр местообитаний разнообразен – травяные болота, сырые луга, берега (обычно песчаные) рек, ручьев и озёр, кюветы и обочины дорог, галечники, пустыри, произрастает как сорное в огородах и на орошаемых полях [1, 2].

Материалом для исследования послужили целостные генеративные особи *V. tripartita*, собранные в Малмыжском районе Кировской области в поручейницево-полевицево-камышовой и крапивовой ассоциациях. В местонахождениях ценопопуляций выполнили полные геоботанические описания, в лаборатории проанализировали строение и биометрические параметры побеговых систем. По материалам геоботанических описаний с использованием амплитудных шкал Д. Н. Цыганова [5] и программы EcoScaleWiN [7] оценили условия произрастания особей методом экстремальных границ.

Поручейницево-полевицево-камышовая ассоциация расположена на правом берегу притока р. Куборка, в 3 м от уреза воды. Общее проективное покрытие травостоя составляет 95%. Наряду с доминирующими здесь *Catabrosa aquatica* (L.) Beauv. (13%), *Agrostis stolonifera* L. (20%) и *Scirpus sylvaticus* L. (40%) произрастают *Amoria hybrida* (L.) C. Presl, *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *Potentilla anserina* L., *Plantago major* L., *Juncus compressus* Jacq., *Odontites vulgaris* Moench, *Trifolium pratense* L., *V. tripartita*, *Vicia cracca* L., *Phleum pratense* L., *Leontodon autumnalis* L., *Festuca pratensis* Huds.,

*Agrostis gigantea* Roth, *Achillea millefolium* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Ranunculus auricomus* L., *R. acris* L., *Equisetum pratense* Ehrh.

Крапивовая ассоциация находится также на берегу притока р. Куборка. На преобладающую *Urtica urens* L. приходится 50% от общего проективного покрытия (75%). Совместно с ней встречаются *Arctium lappa* L., *Geranium pratense* L., *Rubus idaeus* L., *R. caesius* L., *A. stolonifera*, *E. pratense*, *Glechoma hederacea* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Fragaria vesca* L., *Artemisia vulgaris* L., *R. repens* L., *Viburnum opulus* L., *Cuscuta europaea* L., *B. tripartita*. По берегу обитает *Populus tremula* L. Проективное покрытие *B. tripartita* составляет по 3% в обоих сообществах.

В первой ассоциации особи *B. tripartita* начинают своё развитие в воде. К концу вегетационного сезона большая часть растений расположена на осушенных участках. Во второй ассоциации корневые системы и базальные части побегов особей погружены в воду в течение всего сезона.

Оценка условий биотопа показала, что балльные значения отличаются незначительно (табл. 1). Некоторый разброс показателей наблюдается по почвенным факторам. Так, в поручейницево-полевицево-камышовой ассоциации почвы беднее азотом, рН близко к нейтральной. В целом, большинство сложившихся условий являются оптимальными, за исключением переменности увлажнения. Для *B. tripartita* необходимы местообитания с умеренно или сильно переменным увлажнением, в сообществах оно слабо переменное (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнительная характеристика условий местообитания  
*Bidens tripartita***

Индекс шкалы / Название ассоциации	Поручейницево-полевицево-камышовая	Крапивовая	Точка оптимума
1	2	3	4
Tm	Tm=8 суббореальный / неморальный тип режима		Tm=9 неморальный тип режима
Kn	Kn=9 материковый тип режима	Kn=8,75 субматериковый / материковый тип климата	Kn=9 материковый тип режима
Om	Om=8 субаридный / субгумидный тип климата		
Cr	Cr=7 умеренные зимы	Cr=7,50 умеренные зимы	Cr=7 умеренные зимы
Nd	Nd=13 влажно-лесолуговое увлажнение	Nd=12,75 сухолесолуговое / влажно-лесолуговое увлажнение	Nd=13,5 влажно-лесолуговое / сыро-лесолуговое увлажнение
Tr	Tr=8 довольно богатые / богатые почвы	Tr=7 довольно богатые почвы	Tr=10 богатые / слабозасоленные почвы



1	2	3	4
Nt	Nt=6,88 бедные / достаточно обеспеченные азотом почвы	Nt=8,00 достаточно обеспеченные / богатые азотом почвы	Nt=8,5 достаточно обеспеченные / богатые азотом почвы
Rc	Rc=7,75 слабокислые / нейтральные почвы	Rc=6,75 кислые / слабокислые почвы	Rc=7 слабокислые почвы
fH	fH=5,38 слабо переменное / умеренно переменное увлажнение	fH=6,62 слабо переменное / умеренно переменное увлажнение	fH=8 умеренно переменное / сильно переменное увлажнением
Lc	Lc=2,5 открытых пространств/ полуоткрытых пространств	Lc=2,25 открытых пространств/ полуоткрытых пространств	Lc=2 открытых пространств/ полуоткрытых пространств

Примечание – серым цветом залиты ячейки с наибольшим отклонением значения балла от оптимального

Корневая система у собранных растений вариабельна по внешнему виду и строению, ветвится до 2-го порядка. У растений из поручейничево-полевицево-камышовой ассоциации главный корень слабо выражен, теряется среди придаточных, расположен горизонтально. Часть корней – высохшие, сохраняется у них только центральный цилиндр. Корневая система большинства особей *B. tripartita* из обеих ассоциаций образована стеблеродными придаточными корнями. При этом развиваются корни, подобные ходульным, в результате междуузлия базальной части главного побега приобретают поперечную исчерченность. Формирование таких корней обеспечивает поддержание побеговых систем с интенсивным ветвлением.

Несмотря на сходство большинства условий, некоторые морфометрические параметры побеговых систем отличаются (табл. 2). Растения, встречающиеся в крапивовой ассоциации, бóльшей длины, хотя и имеют равное число метамеров. Это обусловлено превалированием длины междуузлий, особенно у 7–9 метамеров, которые находятся в средней части главного побега или смещены выше.

Таблица 2

### Биометрические параметры генеративных особей *Bidens tripartita*

Признак / Название ассоциации	Поручейничево-полевицево-камышовая	Крапивовая
1	2	3
Высота растения, см	27–60*	56–90,5
Число метамеров главного побега	8–14	8–12
Длина междуузлий, мм	12–93	10–145
Номер самого длинного междуузлия	7, 8, 9	7, 8, 9
Число боковых побегов I порядка	5–18	11–15
Число боковых побегов II порядка	1–23	16–56

Окончание таблицы 2

1	2	3
Число боковых побегов III порядка	0–31	5–49
Длина листа срединной формации, см	4,7–6,7	9,1–16,3
Ширина листа срединной формации (по верхнему сегменту), см	1,1–1,8	2,2–3,5
Число развитых корзинок на одном растении	8–40	27–93
Число неразвернувшихся корзинок на одном растении	0–31	9–26
Длина верхушечной корзинки, мм	9–13	11–12
Диаметр верхушечной корзинки, мм	16–20	11–14
Длина листочков внутренней обёртки, мм	5–8	6–8
Длина листочков внешнего круга наружной обёртки, мм	10–26	12–34
Ширина листочков внешнего круга наружной обёртки, мм	2–6	5–10

\* даны диапазоны значений

Ветвление побеговой системы у большинства растений достигает 3-его порядка. Число боковых побегов II и III порядков также больше у особей из крапивовой ассоциации. Кроме того, у 63% особей из поручейничево-полевицево-камышовой ассоциации побеги III порядка отсутствуют. С этим связано и меньшее число развитых корзинок в 2–2,5 раза, и большее количество нераскрытых соцветий. Это компенсируется, по-видимому, большими размерами верхушечной корзинки, количеством и степенью развития семян.

Пазушные побеги II порядка развиваются из супротивно расположенных почек часто асинхронно, поэтому встречаются метамеры из длинного междоузлия, узла с находящимися супротивно листьями и одним развернувшимся побегом. Биометрические параметры листьев также превалируют у растений из крапивовой ассоциации (табл. 2).

В целом, очевидно, что особи *V. tripartita* произрастают в сходных условиях климатопы, тогда как значения факторов эдафотопы отличаются, прежде всего – обеспеченностью азотом почвы и переменной влажностью. В связи с близкими балльными значениями данных условий в крапивовой ассоциации к точке оптимума, большинство биометрических параметров у побеговых систем в этом сообществе превалируют. Кроме того, не исключено влияние общего проективного покрытия: оно выше в поручейничево-полевицево-камышовой ассоциации, где, по-видимому, острее протекают межвидовая и внутривидовая конкуренции.

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

#### Литература

1. Васильченко И. Т. Род 1511 Черёда – *Bidens L.* // Флора СССР. Т. 25. М.–Л., 1959. С. 551–561.

2. Флора Западной Сибири. Руководство к определению западно-сибирских растений. Вып. XI. Сем. Campanulaceae–Compositae. Томск, 1949. 469 с.
3. 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 научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2004. 520 с.
4. Определитель растений Кировской области: 2-х ч. / сост. Ф. А. Александров, Л. А. Зубарева, В. П. Клирсова и др. Ч. 2. Киров: Кир. гос. пед. ин-т им. В. И. Ленина, 1975. 304 с.
5. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.
6. Жукова Л. А. Оценка экологической валентности видов основных эколого-ценотических групп // Восточноевропейский леса. История в голоцене и современность. В 2 кн. Кн. 1. М.: Наука, 2004. С. 256–270.
7. Зубкова Е. В., Ханина Л. Г., Грохлина Т. И., Дорогова Ю. А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin. Йошкар-Ола, 2008. 96 с.

## **ИЗ ОПЫТА ВЫРАЩИВАНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА *PINUS SYLVESTRIS* L. С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ**

*Е. А. Домнина, О. Н. Пересторонина, Е. А. Забабурин, Г. С. Смирнова*  
*Вятский государственный университет, botany-vsui@yandex.ru*

Воспроизводство лесных ресурсов является одним из основных условий обеспечения принципа рационального и неистощительного лесопользования, сохранения разнообразия лесов.

В настоящее время при создании лесных культур на вырубках в России все чаще применяется посадочный материал с закрытой корневой системой (ПМЗК) [1]. Интерес к ПМЗК постоянно возрастает, однако необходима адаптация и совершенствование зарубежной технологии с учетом зональности и особенностей ведения лесного хозяйства в конкретном регионе.

Весной 2017 г. сотрудниками центра компетенций «Использование биологических ресурсов» были начаты исследования по отработке технологии выращивания ПМЗК *Pinus sylvestris* L. в условиях Кировской области. Работы проводили на базе Ботанического сада ВятГУ.

Популяционная структура *P. sylvestris* в Кировской области неоднородна. Видякин А. И. выделяет в пределах этой территории три миграционных зоны, 17 популяций, объединенных в 8 групп популяций [2–5]. Территория Медведского бора входит в состав первой миграционной зоны сосны, то есть территории, заселенной в голоцене представителями из Южно-Уральского рефугиума. Эти деревья образуют леса с высоким бонитетом, обладают высокими технологическими качествами древесины высокой сортности. В составе сосновых сообществ особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Медведский бор» пока ещё сохранились растения *P. sylvestris* первой волны заселения Вятского края данным видом. В качестве посадочного материала

*P. sylvestris* использовали семена от таких деревьев. Естественное возобновление сосны на данной территории важно с позиций сохранения генотипа исходных популяций.

Шишки *P. sylvestris* были собраны в ООПТ «Медведский бор» в феврале 2017 г. В течение марта – мая по мере высыхания из них извлекали семена.

Для выращивания однолетних сеянцев хвойных пород использовали кассеты из жесткой пластмассы фирмы Plantek 64F, которые рассчитаны на выращивание ПМЗК сосны и лиственницы в течение одного года. Это кассеты многоразового использования. Они имеют вертикальные щели и направляющие ребра в стенках ячейки, которые способствуют наиболее естественному и правильному развитию корневой системы. Корни обильно ветвятся и, доходя до щелей в стенках ячеек, подвергаются «воздушной обработке», которая, в свою очередь, способствует образованию активных корневых окончаний, готовых к росту при высадке сеянцев в лес. Боковые щели, кроме того, предотвращают недостаток кислорода в почвенном субстрате ячейки и одновременно выполняют роль дренажа при чрезмерном поливе. При таком способе выращивания оптимально развивается надземная часть и корневая система растения.

Кассеты заполняли смесью торфа и песка в соотношении 3:1. Микоризацию проростков осуществляли за счет добавления к субстрату верхнего слоя (15–20 см) почвы взятой в Медведском бору. Ячейки набивали с таким расчетом, чтобы поверхность субстрата была ниже ее верхнего края на 0,5 см. Степень уплотнения субстрата во всех ячейках и в целом в кассетах должна быть одинаковой.

В связи с невысокими температурами начала вегетационного сезона 2017 г. семена сеяли 1–2 июня. Перед посадкой семена протравливали в 1% растворе перманганата калия в течение 30 мин. Процесс посева семян включал подготовку лунки, внесение в неё семени и заделку его мульчирующим материалом. В целом было посеяно около 5 тыс. семян. После посева поверхность субстрата обрабатывали препаратом «Превикур» – двухкомпонентным фунгицидом с защитным и ростостимулирующим эффектом.

При выращивании посадочного материала в теплице очень важно следить за водным и температурным режимами. Поступление влаги в семя происходит физическим всасыванием. Влажность семян повышается с 6% до 30–40%, поэтому после заполнения теплицы кассетами производили обильный полив за несколько проходов в течение 4–6 суток, чтобы равномерно промочить весь слой торфа и поддерживать влажность до момента прорастания семян (дно кассеты должно быть постоянно влажным).

Семена в опыте проросли через 12 дней. Прорастание было дружным: взошло более 90% семян. Во время роста особой полив сократили: поливали реже, но обильно. В жаркие дни полив производили в утреннее и вечернее время; в пасмурную и в прохладную погоду полив пропускали, но влажность кома поддерживали.

Независимо от климатических условий и сроков высева, затенение сеянцев в теплице является обязательным агроприемом. Поэтому с наступлением жарких дней их затенили от интенсивного света спанбондом, который оставили до осени.

Для уточнения популяционной структуры *P. sylvestris* у проростков подсчитали число семядольных листьев. Средние значения этого показателя у большинства проростков укладывались в пределы 5,79 – 5,88, что согласно исследованиям, А. И. Видякина [4], соответствует значениям проростков сосны южной популяции первой миграционной волны.

Высота сеянцев через 4 месяца после посадки варьировала от 1,5 до 10 см; 53% из них имело высоту от 3 до 6 см.

В сентябре оценили состояние хвои сеянцев *P. sylvestris* на основании разработанной нами трехбалльной шкалы. Полное пожелтение хвои у растений оценивали в 3 балла, частичное пожелтение – в 2 балла, наличие полностью зеленой хвои – в 1 балл. В итоге было выявлено 6% растений с 1 баллом; 54% – с 2 баллами; 40% – с 3 баллами. Высокий процент растений с пожелтевшей хвоей можно объяснить несколькими причинами: избыточное и недостаточное увлажнение субстрата, недостаток минерального питания и атмосферное загрязнение воздуха (Ботанический сад ВятГУ расположен в центре города). В целом состояние сеянцев считаем удовлетворительным.

В начале октября кассеты с сеянцами выставили из теплицы на площадку для закаливания и засыпали по высоте кассет опилом для защиты корневой системы от низких зимних температур. Перезимовка прошла хорошо.

Полученные результаты свидетельствуют, что данная технология выращивания южной популяции *P. sylvestris* возможна в условиях Кировской области, а использование этого подхода к восстановлению сосняков позволит значительно улучшить структуру, состав и качественные характеристики сосновых лесов.

### Литература

1. Соколов А.И., Харитонов В. А., Пеккоев А. Н., Кривенко Т. И. Сохранность и рост культур сосны, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой в условиях Карелии // Лесной журнал. 2015. № 6. С. 46–56.
2. Видякин А. И. Миграция в голоцене и популяционная структура *Pinus sylvestris* L. на востоке европейской части России // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Ч. 2. Йошкар-Ола: МарГУ, 1998. С. 4–12.
3. Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Гальвас А. Г. Лесохозяйственная деятельность в защитных лесах как способ сохранения экосистем // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2017. С. 191–196.
4. Видякин А. И., Глотов Н. В. Изменчивость количества семядолей у сосны обыкновенной на востоке европейской части России // Экология. 1999. № 3. С. 170–176.
5. Видякин А. И. Разработка рекомендаций селекционно-семеноводческого процесса сосны обыкновенной в Кировской области на основе популяционной структуры вида: отчет о научно-исследовательской работе. Киров, 2003. 81 с.

**МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ ВОДОРАЗДЕЛА  
РЕК Б. ИНТА И ЛЕМВА – ТЕРРИТОРИИ, ПРЕДЛАГАЕМОЙ  
ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАКАЗНИКА «ЧЕРНОРЕЧЕНСКИЙ»  
(КРАЙНЕСЕВЕРНАЯ ТАЙГА, ИНТИНСКИЙ РАЙОН  
РЕСПУБЛИКИ КОМИ)**

***В. А. Канев***

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

Республика Коми, расположенная на европейском северо-востоке России, имеет хорошо развитую сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) [1]. Она включает 240 объектов, занимающих площадь 5 431 873,3 млн. га или порядка 13,0% от общей площади республики. Два из них (Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник и национальный парк «Югыд ва») имеют федеральный статус, остальные – региональное подчинение.

Однако, анализ сформированности сети ООПТ в Республике Коми (РК) показывает, что при наличии большого числа ООПТ сама региональная сеть особо охраняемых объектов не может быть признана в полной мере соответствующей требованиям, предъявляемым к сетям ООПТ на международном уровне [1]. Во многих природных зонах Республики отсутствуют резерваты для сохранения типичных ценозов, характерных для данной природной зоны. Например, в крайнесеверной тайге отсутствует резерват для сохранения притундровых лесов. Леса на границе с лесотундрой определены нормативными актами Российской Федерации как «полоса притундровых лесов климатозащитного назначения». На эту территория распространен режим защитных форм использования лесов, где запрещены промышленные рубки с целью заготовки древесины [2]. В связи с этим, на территории РК проводятся мероприятия по выявлению новых территорий, перспективных для организации там природных резерватов.

В 2013 г. в Интинском районе были проведены полевые работы для выявления территории, перспективной для создания там резервата для сохранения притундровых лесов крайнесеверной тайги. Территория, предлагаемая для создания комплексного заказника «Чернореченский», находится в 30 км на юго-восток от г. Инты, на водоразделах рек Большая Инта и Лемва. Рельеф полого-увалистый. Объектом охраны могут быть типичные для крайнесеверной тайги лесные фитоценозы, образующие предгорные ландшафты Приполярного Урала. Район исследований занимает части урочищ 148, 149, 154, 164 Интинского участкового лесничества Печорского лесничества Комитета лесов Республики Коми.

По геоботаническому районированию исследуемая территория находится в Кольско-Печорской подпровинции Североевропейской таежной провинции Евразийской таежной области с преобладанием еловых лесов [3]. По лесорастительному районированию, принятому в РК, исследуемая терри-

тория относится к округу крайнесеверных елово-лиственничных и березовых лесов Приуралья подзоны крайнесеверной тайги Западно-Уральской провинции [4]. Растительность представлена в основном заболоченными ельниками сфагновыми, кустарничково-сфагновыми и кустарничково-зеленомошными; березовыми и березово-еловыми заболоченными редколесьями. Большую площадь, почти до половины, занимают верховые и переходные сфагново-кустарничковые и осоково-кустарничковые болота. На плоских водоразделах есть участки ерничково-моховой и кустарничково-моховой тундры. По берегам рек и ручьев хорошо развиты ивняковые заросли. Луговая растительность представлена очень слабо, располагается узкой полосой вдоль рек в виде крупнотравных сообществ из вейника пурпурного (*Calamagrostis purpurea*), костра безостого (*Bromopsis inermis*), двукисточника тростниковидного (*Phalaroides arundinacea*), аконита высокого (*Aconitum septentrionale*).

В результате флористических исследований на месте будущей ООПТ установлено, что флора высших сосудистых споровых, голосеменных и покрытосеменных растений составляет 197 видов, относящихся к 125 родам и 46 семействам. Уровень видового богатства может быть оценен как средний и видовой состав характерен для подзоны крайнесеверной тайги, т.к. на данной территории отсутствуют крупные луга и некоторые типы болот, где могли бы произрастать еще ряд видов.

К споровым растениям, которые представлены папоротниками, хвощами, плаунами, относятся 12 видов (6%). Три вида (1,5%) принадлежит к папоротникам – щитовник картузианский (*Dryopteris carthusiana*), кочедыжник расставленнолистный (*Athyrium distentifolium*), голокучник трехраздельный (*Gymnocarpium dryopteris*). Шесть видов (3%) относится к хвощам – хвощи полевой, речной, болотный, луговой, камышковый, лесной (*Equisetum arvense*, *E. fluviatile*, *E. palustre*, *E. pratense*, *E. scirpoides*, *E. sylvaticum*). Хвощи довольно обычны и часто встречаются во всех сообществах – луговых, лесных, водных, иногда даже доминируют в лесных сообществах и образуют травянистый ярус в еловых лесах. Три вида относится к плауновидным – плаун годичный (*Lycopodium annotinum*), плаун-баранец обыкновенный (*Huperzia selago*), плаунок плауновидный (*Selaginella selaginoides*). Четыре вида (2%) принадлежат к голосеменным растениям, которые представлены хвойными. Это пихта сибирская (*Abies sibirica*), ель сибирская (*Picea obovata*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*).

Остальные виды (181) относятся к покрытосеменным или цветковым растениям, из которых 59 – однодольные и 122 – двудольные. Однодольные растения представлены следующими семействами – Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae, Melanthiaceae, Convallariaceae, Orchidaceae; а двудольные представлены – Salicaceae, Betulaceae, Polygonaceae, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Ranunculaceae, Paeoniaceae, Brassicaceae, Saxifragaceae, Parnassiaceae, Grossulariaceae, Rosaceae, Fabaceae, Geraniaceae, Empetraceae, Violaceae, Onagraceae, Apiaceae, Cornaceae, Pyrolaceae, Ericaceae, Primulaceae,

Menyanthaceae, Polemoniaceae, Boraginaceae, Scrophulariaceae, Plantaginaceae, Rubiaceae, Caprifoliaceae, Adoxaceae, Valerianaceae, Asteraceae. Соотношение однодольных и двудольных составляет 1: 2,1.

Наибольшим разнообразием отличаются семейства мятликовые (Poaceae) с 26 видами, астровые (Asteraceae) с 24, осоковые (Cyperaceae) с 23, розоцветные (Rosaceae) с 12, лютиковые (Ranunculaceae) с 9, вересковые (Ericaceae) с 9, ивовые (Salicaceae) с 9 видами каждое. Замыкают десятку ведущих семейств норичниковые (Scrophulariaceae) с 7, хвощевые (Equisetaceae) с 6, ситниковые (Juncaceae) с 5 видами каждое. Всего десять ведущих семейств включают 66% видов флоры.

Среди родов наибольшим числом видов представлен род *Carex* (17 видов). Второе место по численности видов занимает род *Salix* (8). Заметным разнообразием видов также отличаются роды *Equisetum* (6), *Eriophorum* (6), *Poa* (5), *Rubus* (4), *Hieracium* (4), *Agrostis* (4), *Ranunculus* (3), *Calamagrostis* (3), *Galium* (3), *Vaccinium* (3). Наибольшее число родов содержат семейства *Asteraceae* (19) и *Poaceae* (15), далее следуют *Rosaceae* (9), *Ranunculaceae* (6), *Ericaceae* (6), *Scrophulariaceae* (5), *Apiaceae* (4), *Orchidaceae* (3), *Caryophyllaceae* (3), *Cyperaceae* (3).

Географический анализ флоры по составу широтных групп показал преобладание бореальных видов, к числу которых относится 63 % выявленных сосудистых растений. Большинство бореальных видов являются широко распространенными в подзоне северной тайги. Суммарное участие во флоре северных широтных групп составило 26,9%. Арктических видов три (1,5%) – осока арктико-сибирская (*Carex arctisibirica*), осока редкоцветковая (*Carex rariflora*), осока кругловатая (*Carex rotundata*). Из аркто-альпийских видов (9,2%) встречаются манжетка Мурбека (*Alchemilla murbeckiana*), фиалка двуцветная (*Viola biflora*), сосюрея альпийская (*Saussurea alpina*) и др.. Из гипоарктических видов (16,2 %) – звездчатка толстолистная (*Stellaria crassifolia*), щучка извилистая (*Avenella flexuosa*), пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*), осока заливная (*Carex paucipercola*), очанка холодная (*Euphrasia frigida*), береза карликовая (*Betula nana*), лютик северный (*Ranunculus propinquus*).

Южные широтные группы включают лесостепные и неморально-бореальные, в общей сложности их доля достигает 1,5%. Неморальных видов нет. Неморально-бореальных видов всего два – скерда болотная (*Crepis paludosa*) и бор развесистый (*Milium effusum*). Лесостепной вид один – смолевка татарская (*Silene tatarica*). Виды с полизональным распространением составляют 8,6 % флоры. Большая часть этих видов являются сорными, отмечены вдоль дорог и по берегам рек – хвощ полевой (*Equisetum arvense*), мятлик однолетний (*Poa annua*) и др.

Среди долготных групп преобладают виды с широкими голарктическими и евразийскими ареалами (соответственно 42,6 и 34,5 %). К голарктическим относятся следующие виды – осока водная (*Carex aquatilis*), адокса мускусная (*Adoxa moschatellina*), и др.; к евразийским – крестовник дубравный



(*Senecio nemorensis*), седмичник европейский (*Trientalis europaea*) и др.. К азиатским видам (8,1%) относятся ель сибирская (*Picea obovata*), вейник тупокословый (*Calamagrostis obtusata*), лютик северный (*Ranunculus propinquus*), княжик сибирский (*Atragene sibirica*). Европейские виды – купальница европейская (*Trollius europaeus*), дудник лекарственный (*Angelica archangelica*) – составляют 12,2%. Космополитных видов немного, 2,6%. К их числу относятся мятлик однолетний (*Poa annua*), марь белая (*Chenopodium album*), мшанка лежачая (*Sagina procumbens*), подорожник большой (*Plantago major*).

Экологические группы видов растений выделяли на основе их отношения к фактору увлажнения. Больше половины видов растений флоры (57,9%) относятся к мезофитам – растениям, которые произрастают в местах с достаточным, но не избыточным увлажнением: щучка извилистая (*Avenella flexuosa*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), осока влагалищная (*Carex vaginata*), княжик сибирский (*Atragene sibirica*), иван-чай узколистый (*Chamaenerion angustifolium*). Немного меньше видов (40,1%) принадлежит к группам растений, характерных для сырых местообитаний – гигромезофитам (9,2%): полевица столонообразующая (*Agrostis stolonifera*), вейник пурпурный (*Calamagrostis purpurea*), мятлик болотный (*Poa palustris*), пальчатокоренник гебридский (*Dactylorhiza hebridensis*); гигрофитам (29,4%) – хвощ болотный (*Equisetum palustre*); осока пепельно-серая (*Carex cinerea*), ситник нитевидный (*Juncus filiformis*), горец змеиный (*Bistorta major*); гидрофитам (1,5%) – сабельник болотный (*Comarum palustre*), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*), белокопытник гладкий (*Petasites radiatus*). Растений сухих местообитаний, т. е. ксеромезофитов – овсяница овечья (*Festuca ovina*), мелколепестник едкий (*Erigeron acris*), ясколка дернистая (*Cerastium holosteoides*), смолевка татарская (*Silene tatarica*) зарегистрировано 4 вида или 2%.

Основной жизненной формой являются травы, к которым относится свыше трех четвертей биоморфологического состава флоры (81,7 %). Большая часть трав (74,1%), многолетние – осока шаровидная, незабудка болотная (*Myosotis palustris*), латук сибирский (*Lactuca sibirica*). Одно-двулетних растений – мятлик однолетний (*Poa annua*), марь белая (*Chenopodium album*), мшанка лежачая (*Sagina procumbens*), марьянники лесной и луговой (*Melampyrum sylvaticum*, *Melampyrum pratense*), очанка холодная (*Euphrasia frigida*) намного меньше – 7,6%. К древесной жизненной форме относятся 18,3% видов – деревья, кустарники и кустарнички. Деревьев 9 видов или 4,6% – пихта сибирская (*Abies sibirica*), ель сибирская (*Picea obovata*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), береза пушистая (*Betula pubescens*), береза извилистая (*Betula tortuosa*), тополь дрожащий (*Populus tremula*), ива козья (*Salix caprea*), ива шерстистопобеговая (*Salix dasyclados*) и рябина сибирская (*Sorbus sibirica*). Кустарников немного больше, 14 или 7,1% – можжевельник сибирский (*Juniperus communis*), ива остролистная (*Salix acutifolia*), ива копьевидная (*Salix hastata*), ива сизая (*Salix glauca*), ива лапландская (*Salix lapponum*), ива черничная (*Salix myrtilloides*), ива филиколистная (*Salix*

*phyllicifolia*), ольховник кустарниковый (*Duschekia fruticosa*), карликовая береза (*Betula nana*), смородина щетинистая (*Ribes hispidulum*), шиповник иглистый (*Rosa acicularis*), малина обыкновенная (*Rubus idaeus*), таволга средняя (*Spiraea media*), жимолость Палласа (*Lonicera pallasii*). Большинство древесных растений формируют верхние ярусы лесных сообществ. Кустарники, особенно виды рода ива (*Salix*), образуют монодоминантные сообщества по берегам озера и по окраинам болот. Число кустарников и полукустарничков примерно столько же, сколько и кустарников – княжик сибирский (*Atragene sibirica*), водяника гермафродитная (*Empetrum hermaphroditum*), дерен шведский (*Chamaepericlymenum suecicum*), подбел узколистный (*Andromeda polifolia*), толокнянка альпийская (*Arctous alpina*), кассандра (*Chamaedaphne calyculata*), багульник болотный (*Ledum palustre*), клюква мелкоплодная (*Oxycoccus microcarpus*), клюква болотная (*Oxycoccus palustris*), линнея северная (*Linnaea borealis*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), черника (*Vaccinium myrtillus*), их 13 видов или 6,6% от общего числа видов. Некоторые из них играют существенную роль в травяно-кустарничковом ярусе лесов и болот.

Видовой состав флоры является типичным для крайнесеверной тайги, преобладают бореальные виды, и также высока доля участия видов арктического происхождения. Редких сорных и заносных видов не отмечено, ярко выраженных антропогенных изменений во флоре не наблюдается. На данной территории произрастает один вид растения – пион уклоняющийся или марьин корень (*Paeonia anomala*), который включен в Красную книгу РК [5], относящийся ко второй категории охраны. Из лишайников обнаружен один вид, который включен в Красную книгу РК – уснея длиннейшая (*Usnea longissima*), относящийся к первой категории охраны. Кроме того, здесь отмечен лишайник эверния растопыренная (*Evernia divaricata*), которая нуждается в постоянном контроле численности популяций и включен в приложение к региональной Красной книге [5]. Кроме того, по имеющимся литературным данным и гербарным сборам с прилегающих территорий, возможно обитание еще некоторых видов растений, включенных в Красную книгу РК – сосна кедровая (*Pinus sibirica*), лукорхис белый (*Leucorchis albida*), родиола розовая (*Rhodiola rosea*), ветреница пермская (*Anemonastrum biarmiense*), курильский чай кустарниковый (*Pentaphylloides fruticosa*).

*Исследование выполнено в рамках проекта ПРООН/ГЭФ № 00059042 «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора».*

#### Литература

1. Особо охраняемые природные территории Республики Коми: итоги анализа пробелов и перспективы развития. Сыктывкар, 2011. 256 с.
2. Цветков В. Ф., Семенов Б. А. Современные проблемы притундровых лесов // Современные проблемы притундровых лесов: Материалы Всерос. конф. с междунар. участием / Отв. ред. Е. Н. Наквасина. Архангельск: Изд-во С(А)ФУ, 2012. С. 5–14.

3. Исаченко Т. И., Лавренко Е. М. Ботанико-географическое районирование // Рас-  
тительность Европейской части СССР. Л.: Наука, 1980. С. 10–20.
4. Леса Республики Коми. М.: ДИК, 1999. 322 с.
5. Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 721 с.

## **К ИЗУЧЕНИЮ ПРОДУКТИВНОСТИ *FRAGARIA VIRIDIS* DUCH. В СТЕПНЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

***Н. Ю. Егорова***

*Вятский государственный университет,  
Всероссийский научно-исследовательский институт  
охотничьего хозяйства и звероводства им. профессора Б. М. Житкова,  
n\_chirkova@mail.ru*

Род Земляника – *Fragaria* L. – на территории Челябинской области представлен тремя видами: земляника мускусная – *Fragaria moschata* Duch., земляника лесная – *F. vesca* L., земляника зеленая – *F. viridis* Duch. [1].

Большинство имеющихся в литературе сведений касаются изучения *F. vesca*, поскольку она издавна известна во всех частях ее ареала как ценное пищевое и лекарственное растение научной и народной медицины [2–6]. Популяционные и ресурсоведческие исследования *F. viridis* единичны [3, 7, 8], несмотря на то, что вид в местах массового развития заготавливается в промышленных масштабах и имеет лекарственное, пищевое (плоды используются в свежем и переработанном виде), кормовое (для крупного рогатого скота, овец) значение, является ценным медоносом [9].

*F. viridis* – короткокорневищный, кистекорневой, столонообразующий [10] поликарпик, гемикриптофит.

Цель настоящего исследования – выявить основные тенденции состояния ценопопуляций *F. viridis* в условиях степных фитоценозов Челябинской области. Задачами исследования являлось изучение фитоценотической приуроченности и основных параметров продуктивности ценопопуляций (ЦП) вида.

Исследования проводили на территории Карталинского района Челябинской области в вегетационный сезон 2016 г. Согласно ботанико-географическому районированию Челябинской области [11], исследуемый район относится к степной зоне, подзоне ковыльно-разнотравных (северных) степей, району степей и островных боров Урало-Тобольского водораздела.

Для вегетационного сезона 2016 г. характерны положительные среднесуточные температуры и умеренная влагообеспеченность в период бутонизации и цветения вида (рис.). В период формирования и созревания плодов (конец июня – июль) количество выпавших осадков составило лишь около 10 мм, что привело к усыханию значительной части земляничин. Осадки выпадали с частотой – 13 дней в апреле, 9 дней в мае, 12 дней в июне и 4 дня в июле. В основном преобладали ливневые дожди различной интенсивности.

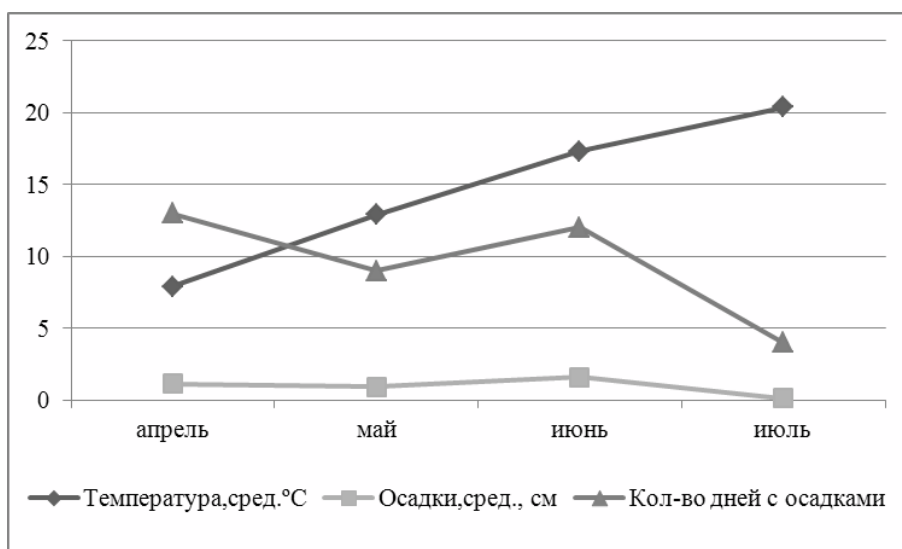


Рис. Средние значения климатических показателей в районе наблюдения в 2016 г.

При ресурсных исследованиях были использованы общепринятые рекомендации, терминология и методики определения продукционных характеристик ЦП растений [12, 13]. Для оценки урожайности проводили подсчет числа плодов на каждой заложённой учетной площадке. Затем со всей заросли собирали средний образец земляничин (не менее 1000 шт.), взвешивали их по 100 шт. в десятикратной повторности и определяли массу одного плода. Урожайность вычисляли умножением среднего числа земляничин на единице площади на среднюю массу одного плода. Всего было заложено 25 учетных площадок размером 1 м<sup>2</sup>. Кроме того, были изучены некоторые ценопопуляционные характеристики вида – плотность, генеративность. В качестве счетной единицы ЦП принята особь.

Результаты исследований показали, что вид на территории изучаемого района приурочен к суходольным лугам, зарослям *Prunus fruticosa* (Pall.) G. Woron., растет по опушкам степных колков и боров. Проективное покрытие *F. viridis* изменяется от 25 до 93%. В сложении растительного покрова типичных местообитаний вида принимают участие более 30 видов высших сосудистых растений. Это, например, такие виды как *Sanguisorba officinalis* L., *Polygala tenuifolia* Willd., *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC., *Salvia officinalis* L., *Nonea pulla* (L.) DC., *Thymus serpyllum* L., *Potentilla anserina* L., *Medicago falcata* L. и др. В Калужской области наиболее продуктивные популяции *F. viridis* отмечены по склонам оврагов, кочкам суходольных и заливных лугов [3]. Вид здесь не образует сплошных массивов, растет куртинами по 10–20 парциальных кустов. В Башкирском Зауралье особи произрастают в лесной зоне по правобережью реки Сакмары в полосе восточных предгорий Урал-тау на открытых пологих остепненных склонах холмов, по опушкам лесов, среди кустарников, на лугах, в поймах рек, часто образует большие заросли [7]. В условиях Стрелецкой степи плотность особей *F. viridis* составля-

ет в среднем от 5,4 экз./кв.м на косимых участках плакоров до 8,7 экз./кв.м при отсутствии скашивания [14].

Плотность генеративных особей *F. viridis* варьирует от 3 до 41 экз./кв.м., в среднем она равна 8,71 экз./кв.м в условиях злаково-разнотравных суходолов и 23,11 экз./кв.м – под пологом *P. fruticosa*.

Число плодов на единице площади изменяется от 5 до 103 шт. Масса одного плода является немаловажным компонентом формирования урожая. Данный показатель колеблется от 0,14 до 0,41 г, в среднем составляя 0,25 г.

Среднее значение урожайности плодов варьирует в зависимости от типологических условий от 485 кг/га до 1340 кг/га, что выше значений урожайности, приводимых для луговых угодий поймы Оки. Здесь урожай плодов *F. viridis* может достигать 550 и более кг/га [8].

В результате корреляционного анализа была выявлена положительная зависимость между демографическими показателями ЦП *F. viridis* и их продуктивностью (табл.).

Таблица

**Матрица парных корреляций показателей продуктивности природных популяций *Fragaria viridis***

Признак	Проективное покрытие, %	Плотность генеративных особей, экз./кв.м	Количество плодов, шт./кв.м	Урожайность плодов, г/кв.м	Диаметр одного плода, мм
Проективное покрытие, %	1,00	<b>0,60</b>	0,14	<b>0,55</b>	-0,17
Плотность генеративных особей, экз./кв.м	<b>0,60</b>	1,00	<b>0,64</b>	<b>0,91</b>	-0,06
Количество плодов, шт./кв.м	0,14	<b>0,64</b>	1,00	<b>0,71</b>	0,26
Урожайность плодов, г/кв.м	<b>0,55</b>	<b>0,91</b>	<b>0,71</b>	1,00	-0,06
Диаметр одного плода, мм	-0,17	-0,06	0,26	-0,06	1,00

Примечание: жирным выделены статистически значимые корреляции признаков при  $p < 0,05$

Высокие значения коэффициента корреляции установлены между урожайностью плодов и проективным покрытием вида ( $r = 0,55$ , при  $p < 0,05$ ), урожайностью плодов и плотностью генеративных особей ( $r = 0,91$ , при  $p < 0,05$ ), урожайностью плодов и их количеством на единице учетной площади ( $r = 0,71$ , при  $p < 0,05$ ). Зависимость продуктивности ценопопуляций дикорастущих ягодных растений от демографических показателей отмечалась и ранее [15, 16, 17, 18].

Таким образом, земляничины *F. viridis* очень высоко ценятся местным населением. Вид является основным объектом заготовок и в урожайные годы плоды собираются в значительных количествах. Урожайность плодов может варьировать от 485 кг/га до 1340 кг/га. Установлена зависимость между демографическими показателями ЦП *F. viridis* и их продуктивностью.

### Литература

1. Куликов П. В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург – Миасс: «Геотур», 2005. 537 с.
2. Бубенчикова В. Н., Дроздова И. Л. Земляника лесная. Курск: КГМУ, 2005. 132 с.
3. Воронин А. А. Дикорастущие ягодники Калужской области // Продуктивность дикорастущих ягодников и их хозяйственное использование. Материалы к Всес. Науч.-производ. совещанию. Киров, 1972. С. 97–99.
4. Колупаева К. Г. Плодоношение смородины, шиповника, малины и земляники в Кировской области // Продуктивность дикорастущих ягодников и их хозяйственное использование: Материалы к Всес. науч.-производ. совещанию. Киров, 1972. С. 84–86.
5. Кузнецова М. А. Ресурсы ягодников в Чувашской АССР // Продуктивность дикорастущих ягодников и их хозяйственное использование: Материалы к Всес. науч.-производ. совещанию. Киров, 1972. С. 95–97.
6. Ларькина Т. П., Ковязин Н. Я., Жебелева Т. И. Земляника лесная в Среднем Предуралье // Растительные ресурсы. 1982. Т. 18. Вып. 1. С. 27–29.
7. Кучеров Е. В. Использование дикорастущих ягодников в засушливой части Башкирского Зауралья // Продуктивность дикорастущих ягодников и их хозяйственное использование. Материалы к Всес. науч.-производ. совещанию. Киров, 1972. С. 116–118.
8. Самарина Б.Ф. Урожайность ягодников в Окском заповеднике за период с 1947 по 1970 гг. // Продуктивность дикорастущих ягодников и их хозяйственное использование. Материалы к Всес. науч.-производ. совещанию. Киров, 1972. С. 102–106.
9. Дикорастущие полезные растения России / Отв. ред. А. Л. Буданцев, Е. Е. Лесиовская. СПб.: Изд-во СПХФА, 2001. 663 с.
10. Ермакова И. М., Сугоркина Н. С. Жизненные формы растений Залидовских лугов Калужской области // Ботанический журнал. 2011. Т. 96. № 3. С. 316–341.
11. Колесников Б. П. Очерк растительности Челябинской области в связи с ее геоботаническим районированием: Труды. Ильмен. заповедник. 1961. Вып. 8. С. 105–129.
12. Крылова И. Л. О некоторых терминологических и методических вопросах лекарственного ресурсоведения // Растительные ресурсы. 1988. Т. 24. № 1. С. 124–129.
13. Методы изучения лесных сообществ. Пб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
14. Манухина С. В., Алпеева М. А. Количественные показатели популяций лугово-степных видов на Стрелецком участке Центрально-Черноземного заповедника // Актуальные проблемы современной науки в 21 веке: Сб. материалов 4-й междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. Махачкала: ООО «Апробация», 2014. С. 18–19.
15. Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л. Характеристика компонентов продуктивности клюквы болотной в болотных сообществах средней тайги // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 18. № 2. 2016. С. 360–363.
16. Егорова Н. Ю. Особенности формирования урожайности плодов *Vaccinium vitis-idaea* L. в природных популяциях в 2015 году // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова. Киров: ФГБНУ ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова, 2017. С. 478–480.

17. Чиркова Н. Ю. Некоторые особенности развития и продуктивности брусничников на вырубках южно-таежных брусничниково-зеленомошных сосняков // Лесное хозяйство. 2007. № 4. С. 22–23.

18. Чиркова Н. Ю., Егошина Т. Л., Колупаева К. Г. Некоторые особенности фенологии и урожайность *Vaccinium vitis-idaea* (*Ericaceae*) в южнотаежной подзоне Кировской области // Раст. ресурсы. 2009. Т. 45. Вып. 1. С. 12–21.

## УРОЖАЙНОСТЬ И ЗАПАСЫ СЪЕДОБНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ СУНСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*А. А. Степанов<sup>1</sup>, Е. В. Рябова<sup>1</sup>, Т. Л. Егошина<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, alst9406@mail.ru,*

<sup>2</sup> *Всероссийский НИИ охотничьего хозяйства и звероводства  
им. проф. Б. М. Житкова*

Кировская область входит в число наиболее важных грибоносных регионов России, отличающихся многообразием произрастающих видов съедобных грибов и высокой их урожайностью. На территории Кировской области из 362 видов агарикоидных базидиомицетов, выявленных в настоящее время, 149 являются съедобными (Кириллов, 2011). Население, как правило, собирает и использует 10–15 видов грибов (Кириллов, 2007). Целью данной работы является изучение плодоношения съедобных агарикоидных базидиомицетов в подзоне южной тайги на территории Сунского района Кировской области.

Урожайность плодовых тел грибов определялась методом ключевых участков согласно существующей методике (Васильков, 1968) на постоянных учетных площадках. Было заложено 7 учетных площадок, размером 0,5 га, на которых раз в 8–10 дней, а в период слабого плодоношения – раз в 15 дней, в течение вегетационного периода проводили сплошной учет грибов. Урожайность грибов определялась стандартным способом. Грибы собирались и разбирались по видам, определялась их часть, пораженная личинками насекомых.

На протяжении 14-ти недель проводили учеты плодоношения основных видов грибов съедобных агарикоидных базидиомицетов в различных местобитаниях. Площадь грибных угодий выделяли на основе типов леса (Егошина, 2005, Шубин, 1990).

Биологический запас грибов определяли как произведение урожайности на площадь грибоносных угодий. Эксплуатационный (хозяйственный) запас грибов определен с учетом доступности и степени антропогенной трансформации территорий, потерь при сборе, в результате поражения плодовых тел насекомыми-вредителями, поедания животными.

Сунский район обладает существенными потенциальными запасами различных природных ресурсов, среди которых определенное значение как дополнительный продукт питания имеют рыжики, относящиеся в основном к агарикоидным базидиомицетам. На территории Сунского района нами отмечено произрастание 21 вида съедобных грибов. Наиболее распространенными

и имеющими промысловое значение в настоящий период являются лисичка обыкновенная (*Cantharellus cibarius* Fr.), белый гриб (*Boletus edulis* Fr.), подберезовик обыкновенный (*Leccinum scabrum* (Fr.) S.F.Gray), желто-бурый (*L. tetraceoscabrum* (Secr.) Sing.), подосиновик красный (*L. aurantiacum* (St. Amans), масленок зернистый (*Sullius granulatus* (Fr.) O.Kuntze), масленок поздний (*S. luteus* (Fr.) S. F.Gray), опенок осенний (*Armillariella mellea* (Fr.) Karst.), груздь настоящий (*Lactarius resimus* (Fr.) Fr.) и черный (*L. necanor* (Fr.) Karst.), волнушка белая (*L. pubescens* (Fr.:Krombh.) волнушка розовая (*L. tormi-nosus* (Fr.) S.F.Gray), рыжик еловый (*Lactarius deterrimus* Groger), рыжик сосновый (*L. deliciosus* (L.:Fr.) S.F.Gray), многочисленные виды рода сыроежка (*Russula*).

Урожайность съедобных грибов обладает видовой, климатической и биотопической изменчивостью (Шубин, 1986). Урожайность съедобных макромицетов в Сунском районе в 2017 г. по нашим данным составила 142,5 кг/га, средняя – 20,3 кг/га.

Основной вклад в общую урожайность грибов в пределах одного типа леса вносят виды-доминанты. Основными доминирующими видами съедобных грибов в лесах подзоны южной тайги Сунского района являются сыроежка (урожайность достигает 51,1 кг/га), рыжик (39,9 кг/га) и маслята (20,7 кг/га).

Величина общей урожайности съедобных грибов в различных типах лесных фитоценозов с древостоем разного возраста в подзоне южной тайги представлена в таблице.

Таблица

**Урожайность съедобных грибов в разных типах леса  
в подзоне южной тайги в 2017 г. (Сунский район)**

Типы леса	Урожайность, кг/га
1. Ельник зеленомошно-разнотравный	85,6
3. Сосняк зеленомошно-разнотравный	10,0
4. Сосняк орляково-разнотравный	18,4
5. Заросли можжевельника на лугу	14,0
6. Сосняк зеленомошно-кисличный	14,4

Максимальная среднемноголетняя урожайность съедобных видов грибов отмечена в молодом ельнике зеленомошно-разнотравном (85,6 кг/га), старом сосняке орляково-разнотравном (18,4 кг/га). Наибольшее видовое разнообразие так же отмечено в молодом елово-сосновом зеленомошно-разнотравном лесу – 10 видов и сосняке зеленомошно-разнотравном – 9 видов.

На величину ресурсов съедобных видов грибов значительное влияние оказывает уровень пораженности базидиома вредителями. Большой ущерб урожаю наносят насекомые, повреждающие плодовые тела грибов. Средний процент червивости съедобных базидиомицетов составил 70%.



### Литература

1. Кириллов Д. В., Переведенцева Л. Г., Егошина Т. Л. Конспект агарикоидных базидиомицетов Кировской области. Киров: ВНИИОЗ, 2011. 63 с.
2. Кириллов Д. В., Егошина Т. Л. Урожайность и ресурсы съедобных грибов в подзоне южной тайги Кировской области // Лесное хозяйство. 2007. № 6. С. 29–31.
3. Васильков Б. П. Методы учета съедобных грибов в лесах СССР. Л.: Наука, 1968. 68 с.
4. Егошина Т. Л. Недревесные растительные ресурсы России. М.: НИА-Природа, 2005. 80 с.
5. Шубин В. И. Макромицеты лесных фитоценозов таежной зоны и их использование. Л.: Наука, 1990. 197 с.
6. Шубин В. И. Белый гриб. Экология и плодоношение. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1986. 46 с.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ СЕТЬ И СИСТЕМА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ – НЕ ОДНО И ТО ЖЕ

*А. Н. Соловьев*

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

Много говорится о необходимости создания систем особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Но при этом вкладывается разный смысл в само понятие «система». Кому-то она представляется как пространственно-взаимосвязанная в единое целое сеть ООПТ. Появилась даже соответствующая терминология – «экологические коридоры», «связующие звенья». То есть, мы уже настолько закоснели в своём механистическом мышлении, что саму природу стали воспринимать как некий механизм. И полагаем, что если соединить разрозненные части подпорками в виде «коридоров среды», то эта «система» заработает.

Системность ООПТ определяется не их территориальной целостностью, а прежде всего функциональным единством, и проявляться она должна в их взаимодополняющей реализации той или иной функции. Когда специалисты единственного в регионе заповедника будут изучать, например, процессы отсутствующих на его территории стадий сукцессионного ряда на других ООПТ региона, это и будет признаком системы.

Ресурсоохранная и средозащитная функции – специфические для природных охранных зон, не являющихся, по большому счету, особо охраняемыми территориями. У заповедных территорий иные функции – прежде всего, научно-информационная, а также эталонная и информационно-документирующая.

Заповедники – это, прежде всего, поставщики экологической информации. Информация, как известно, единственный неистощимый ресурс и, в то же время, – это самый дорогой продукт цивилизации. Но она должна быть доведенной до кондиции её практического применения. Пока мы не научились этого делать. Что там говорить о ликвидности научной информации, ес-

ли мы своими лесами и пушниной толком распорядиться не можем – гоним за границу «кругляк» и пушное сырье.

Сбор первичной информации на заповедной территории – лишь заготовка сырья для реализации научной функции, результатом которой должна быть ликвидная научная продукция, востребованная обществом. Пока же в большинстве наших заповедников результаты создающих иллюзию научной деятельности многолетних натуралистических наблюдений по программе «Летопись природы» лежат мёртвым грузом, как не вывезенная с лесосек древесина. Научная деятельность в заповедниках сводится в основном к флористическим и фаунистическим исследованиям.

Сеть ООПТ – пространственная совокупность разных по назначению природных территорий с особым режимом использования и охраны, а система ООПТ – организационно взаимосвязанная совокупность функционально дополняющих друг друга охраняемых природных территорий с единой структурой управления и научно-методического обеспечения. Сеть ООПТ характеризуется пространственно-структурной целостностью, а система ООПТ – функционально-организационной целостностью. То есть системность ООПТ определяется не их территориальной целостностью, а, прежде всего, функциональным единством, и проявляться она должна в их взаимодополняющей реализации той или иной функции [1].

Только при создании системы ООПТ с единой структурой управления и научно-методического обеспечения региональная сеть ООПТ сможет эффективно развиваться, обеспечивая комплексное использование всех функциональных специфических возможностей каждой охраняемой территории с особым значимым, чем при традиционной хозяйственной эксплуатации, социально-экономическим и экологическим эффектом [1–3].

Главным критерием оптимизации региональной системы ООПТ может быть рациональность, то есть возможность взаимодополняющего взаимодействия всех организационных форм ООПТ региона в реализации той или иной функции. «Системой можно назвать только комплекс таких избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействие и взаимоотношения принимают характер взаимодействия компонентов для получения фокусированного полезного результата» [4 с. 72].

В системе ООПТ – это полнота удовлетворения конкретного социального заказа: спроса на научную и учебно-познавательную информацию, рекреацию, духовные отправления. При этом в плане взаимодополняемости разных организационных форм ООПТ, составляющих региональную сеть, в получении конечного полезного результата правильнее использовать не термин «взаимодействие», а термин «взаимосодействие».

Именно достаточность или недостаточность результата определяет состояние системы. Поэтому и формирование системы должно быть подчинено получению определённого полезного результата. Применительно к системе ООПТ должны четко, конкретно и адекватно возможностям той или иной организационной формы определяться цели их создания.

Зародившись на охотоведческих позициях, теория и практика ответственного заповедного дела сегодня переживает расцвет умозрительно-природоохранной трактовки, породившей уже немало искусственных, надуманных теоретических положений, уводящих наши ООПТ от осуществления их специфических функций к мифическим задачам поддержания «экологического баланса» и прочим модным абстракциям. Совершенно очевидно, что и биоразнообразие одними заповедниками не сохранить. Уповать на поддержание природного равновесия посредством ООПТ по меньшей мере несерьезно. Эта умозрительная тенденция в теории заповедного дела опасна тем, что уводит в сторону от конструктивного решения как проблемы обеспечения экологического гомеостаза в регионах, так и от осуществления заповедными территориями их специфических функций.

Обеспечение экологической устойчивости и сохранение биоразнообразия – есть концептуальная цель всей природоохранной стратегии и щадящего, берегающего природопользования.

Организация ООПТ – не самоцель, не охрана ради охраны, а форма берегающего использования ресурсов природы, главным образом нематериальных – научно-информационных, а также генетических, духовных, эстетических, рекреационных. С этих позиций может быть дано и более соответствующее действительности определение заповедания как способа берегающего использования нетрадиционных, главным образом нематериальных, ресурсов природы (научно-информационных, эстетических, рекреационных, генетических), реализуемого через соответствующие организационные формы (заповедник, памятник природы, природный парк, заказник) в зависимости от конкретного социального заказа, определяющего цель заповедания той или иной территории (таб.).

Таблица

**Основные функции особо охраняемых природных территорий и организационные формы их реализации [1, 5]**

Функция ООПТ	Цель реализации	Форма реализации
1	2	3
Эталонная	Обеспечение возможности осуществления фонового мониторинга природной среды	Биосферный резерват, заповедник
Научно-информационная	Обеспечение возможности получения информации о естественном состоянии и динамике природных систем Обеспечение возможности осуществления мониторинга сукцессионной динамики биогеоценозов и их компонентов (почв, биоты)	
Резервационная	Обеспечение сохранности генофонда, це-нофонда, экофонда	Заповедник, заказник
Информационно-коллекционная (те-заврационная)	Обеспечение возможности использования информационно-документирующих свойств элементов природного ландшафта в их формовом разнообразии	Памятник природы, бот-сад

## Окончание таблицы

1	2	3
Рекреационная	Обеспечение разных видов организованного туризма и отдыха людей на природе	Национальный и природный парки, лесопарк
Ресурсоохранная	Обеспечение неистощительного использования возобновимых ресурсов природы	Заказник, водоохранная и нерестоохранная зоны, противоэрозионные, поле- и почвозащитные насаждения, зеленая зона, курортная зона,
Ресурсоформирующая	Обеспечение воспроизводства и накопления возобновимых природных ресурсов	
Средозащитная	Поддержание полезных свойств природного ландшафта (санитарно-гигиенических, бальнеологических и т.п.)	
Научно-дидактическая	Обеспечение возможности решения мировоззренческих задач (экологического образования и воспитания)	Национальный и природный парки, памятники природы
Эстетическая	Обеспечение возможности решения задач духовно-нравственного воспитания	Все формы ООПТ
Духовно-культурная	Обеспечение возможности духовного общения с природой	Священные места (рощи, источники, скалы и т. п.)
Визуально-пейзажная	Обеспечение возможности визуального использования пейзажных (духовных, эстетических) свойств ландшафта	Все формы ООПТ
Восстановительная	Обеспечение возможности восстановления нарушенных природных систем или их отдельных элементов	Заказники

Возможность создания системы ООПТ в Кировской области представлял принятый в 1995 г. первый в России региональный закон «Об особо охраняемых природных территориях Кировской области», который, не противореча принципиальным положениям федерального закона, существенно дополнял, уточнял и расширял его содержание. И если федеральный закон не определяет конечной цели, для достижения которой он должен бы создать системный и последовательный правовой механизм, то закон об ООПТ Кировской области как раз был нацелен на создание системы ООПТ. В последующих вариантах эта перспектива исчезла [6].

Для создания научно-исследовательской базы региональной системы ООПТ необходим региональный центр экологических исследований – научное учреждение по сбору, документированию, хранению экологической информации по региону и перманентной обработке её до кондиции практического применения. Практика показала несостоятельность подмены такого учреждения сотрудниками имеющегося в регионе заповедника.

Необходим постоянный мониторинг признанных памятниками природы объектов, а также проведение работ по выявлению, изучению, описанию и организации охраны новых достопримечательностей.

Как показывает опыт природоохранного ведомства Кировской области, проведение работ по «инвентаризации» и «оптимизации» памятников природы силами неквалифицированных подрядчиков на договорной основе малоэффективно и бесперспективно.

Полувековая история существования памятников природы в нашей стране показывает, что это самая незащищенная и безнадзорная категория ООПТ. Так будет до создания специализированной организации со штатом соответствующих специалистов, ведущих постоянный мониторинг состояния всей совокупности ООПТ в регионе. И такой опыт уже есть. Во Владимирской области, по площади в два раза меньшей Кировской, создана сеть ООПТ, включающая 162 природных объекта общей площадью 11,67 % площади области. Из них три ООПТ федерального значения, 24 – местного и 135 – регионального, в том числе: 34 заказника, 98 памятников природы, 2 историко-ландшафтных комплекса и 1 дендрологический парк. Для эффективного управления ООПТ, осуществления работы по оптимизации функционирования их региональной сети и ведения Красной книги Владимирской области в 2009 г. создано государственное бюджетное учреждение «Единая дирекция особо охраняемых природных территорий Владимирской области».

Выявление заслуживающих охраны природных достопримечательностей должно продолжаться. Оно может приобретать новые направления по мере углубления как теории в целом, так и познания местной природы.

#### Литература

1. Соловьев А. Н. Геоэкологический подход к формированию региональной системы особо охраняемых природных территорий (на примере Кировской области): Автореф. дис. ... канд. географ. наук. М., 2002. 25 с.

2. Балацкий О. Ф., Панасовский Ю. В., Чупис А. В. Экономика и организация охраняемых природных территорий. М.: Агропромиздат, 1989. 192 с.

3. Реймерс Н. Ф., Штильмарк Ф. Р. Особо охраняемые природные территории. М.: Мысль, 1978. 295 с.

4. Анохин П. К. Избранные труды. Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978. 400 с.

5. Соловьев А. Н. Охрана природных территорий с позиций геоэкологии // Здоровая окружающая среда – основа безопасности регионов. Посвящается году экологии в Российской Федерации: Сб. трудов первого междунар. эколог. форума в Рязани. Рязань, 2017. С. 164–174.

6. Соловьев А. Н. Пертурбации в региональном законодательстве по особо охраняемым природным территориям // Устойчивое функционирование и развитие сети особо охраняемых природных территорий в современных условиях: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Смоленск: Изд-во Маджента, 2017. С. 72–76.

## **ФУНГИЦИДНОЕ ДЕЙСТВИЕ ИНСЕКТИЦИДОВ-ПРОТРАВИТЕЛЕЙ НА СЕМЕНА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ**

*М. В. Черемисинов, Г. П. Дудин*

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
k-selex@vgsha.info*

Наиболее простым и доступным способом защиты зерновых культур от вредителей является обработка семян. Защита посевного материала играет значительную роль в технологии возделывания культур. Использовать семена

для посева, обработанные инсектицидом, выгоднее, чем проводить опрыскивания в период вегетации.

В настоящее время широко используются инсектициды-протравители семян группы неоникотиноиды, эффективные против почвообитающих вредителей и злаковых мух на яровых культурах – это круйзер и табу.

Ранее были проведены исследования защитного и мутагенного действия протравителей семян групп бензимидазолов и триазолов на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии [1, 2, 3].

Системный инсектицидный протравитель круйзер на основе тиаметоксама 350 г/л быстро поглощается растением и передвигается по ксилеме в части растений, воздействуя на никотиново-ацетил-холиновые рецепторы нервной системы насекомых. Препарат табу д.в. имидаклоприд 500 г/л связывается с постсинаптическими никотиновыми ацетилхолиновыми рецепторами центральной нервной системы насекомых, в результате чего у них развиваются параличи и конвульсии, приводящие их к гибели. Эти препараты обладают рядом преимуществ: они хорошо аккумулируются рецепторами, имеющимися у насекомых, и плохо – рецепторами, имеющимися у человека и других млекопитающих, как полярные соединения они не ионизируются при обычных рН, устойчивы к гидролизу, обладают высокой биологической активностью, у них достаточно низкие нормы расхода и умеренная стойкость в окружающей среде. Поэтому актуальным является исследование инсектицидов-протравителей семян на возбудителей корневых гнилей ячменя: гельминтоспориозной и фузариозной инфекции. Корневые гнили занимают одно из первых мест среди других болезней по вредности и недобору урожая. В Нечерноземной зоне многократно возросло заражение ячменя грибами, вызывающими это заболевание. Причинами усиления распространения корневых гнилей являются: не протравливание семян перед посевом, нарушение севооборотов, подкисление почвы и ряд других. Основным источником инфекции корневых гнилей являются семена.

Гельминтоспориозная корневая гниль вызывается несовершенным грибом *Bipolaris sorokiniana*. Проявляется в побурении, деформации и искривлении проростков, которые часто погибают до появления coleoptеля на поверхности почвы.

Источником инфекции являются зараженное зерно и пораженные остатки растений, почва. В почве конидии сохраняются продолжительное время в состоянии покоя. Корневые гнили, в основном гельминтоспориозно-фузариозного происхождения в массе распространены на полях области. Большая вспышка инфекции на семенах происходит из-за затянувшейся уборки и доработки семян.

Цель опыта: изучение росторегулирующей активности и фунгицидного действия инсектицидов протравителей при обработке семян ячменя.

Семена урожая 2017 г. обрабатывались за 1 день до закладки препаратами с различными нормами расхода: круйзер (0,1 л/т, 1 л/т, 5 л/т) и табу (0,05 л/т, 0,5 л/т, 2,5 л/т). Семена в контроле обрабатывались водой из расчета

10 л/т. Проращивание проводилось в рулонах фильтровальной бумаги в термостате при оптимальной влажности и температуре 22–24 °С.

Фитопатологический анализ на зараженность семян ячменя поверхностной и внутренней инфекцией (гельминтоспориозной, фузариозной, альтернариозной) определяли методом влажной камеры с применением рулонов. Отсчитывали по 2 пробы по 100 семян. Для проращивания семян одной пробы брали полоску фильтровальной бумаги шириной 12–15 см и длиной 100 см, вдоль этой полоски на расстоянии 2 см от верхнего края проводили линию простым карандашом. Затем бумагу смачивали до полного увлажнения, клали её на полиэтиленовую плёнку шириной 10 см. По линии раскладывали семена зародышем вниз по 50 шт на каждую ленту. Семена закрывали фильтровальной бумагой и скатывали в рулон, который помещали в сосуд с водой. Семена проращивали 7 дней в термостате при температуре 20–22 °С. Затем подсчитывали общую зараженность семян и число проростков, пораженных гельминтоспориозом, фузариозом, альтернариозом и другими микроорганизмами по баллам. Если на проростках два и более заболевания, их относят к смешанной инфекции (ГОСТ 12044-93).

Грибы рода фузариум проявляются в виде пушистого налёта белого или розового оттенка. Гельминтоспориозная инфекция отчетливо видна в виде чёрного бархатистого налёта, болезнь проявляется в виде побурения корешков и колеоптиля у основания [3, 4].

Семена, пораженные альтернариозом, покрываются налётом от серого до чёрного цвета, визуально похожим на грибницу гельминтоспориоза.

Пораженность семян оценивали по 4 балльной шкале.

Анализ данных статистической обработки двух опытов показал, что росторегулирующее действие было различным. Все изучаемые инсектициды-протравители семян оказали стимулирующее действие на длину проростков (табл. 1). Она колебалась в пределах от 0,6 до 3,5 см. Причём с увеличением концентрации препарата табу с 0,05 до 2,5 л/т наблюдалось ингибирующее действие, длина проростков снижалась с 11,7 до 9,5 см.

Максимальная длина проростков была при обработке семян препаратом круйзер 5 л/т – 12,4 см и табу 0,05 л/т – 11,7 см, по отношению к контролю – 8,9 см. Минимальное влияние на длину проростков оказал препарат круйзер 1 л/т – 9,5 см.

Наблюдалась тенденция к увеличению длины корней при обработке изучаемыми инсектицидами протравителями семян. Максимально стимулировало увеличение длины корней препарат табу 0,05 л/т–12,8 см, круйзер 1 л/т–12,6 см. Минимальная длина корней отмечена при обработке препаратом круйзер 5 л/т–10,1 см (табл. 1).

По результатам фитопатологического анализа видно, что семена в контроле были в средней степени поражены грибами рода фузариум – распространенность – 16%, развитие болезни – 4%, а гельминтоспориозная инфекция отсутствовала. Препарат круйзер 0,1 и 1 л/т не подавлял полностью развитие фузариозной инфекции, распространенность составила 4 и 3% соответ-

ственно. Препарат табу при нормах расхода 0,05, 0,5; 2,5 л/т полностью подавлял развитие фузариума на семенах. При обработке препаратом табу встречалась на семенах инфекция альтернариум и бактериоз в процентном выражении от 2 до 9 (табл. 2).

Кроме фитопатогенных грибов на семенах присутствовали сапрофиты.

Таблица 1

**Длина проростков ярового ячменя в зависимости  
от обработки препаратами**

Вариант	Длина проростков, см	Длина корней, см
Контроль обр. (водой) 10 л/т	8,9	12,2
Круйзер 0,1 л/т	9,9	11,9
Круйзер 1 л/т	9,5	12,6
Круйзер 5 л/т	12,4**	10,1
Табу 0,05 л/т	11,7*	12,8*
Табу 0,5 л/т	10,8	11,8
Табу 2,5 л/т	9,5	11,6

Таблица 2

**Распространенность и развитие патогенной микрофлоры  
на семенах ячменя**

Вариант	Лаб. всхо- жость	Фузариум, распростра- ненность	Фузариум, развитие, %	Альтернариум, распростра- ность, %	Бактериоз, распро- стр., %
Контроль обр. (водой) 10 л/т	98	16	4	21	3
Круйзер 0,1 л/т	99	4	1	10	14
Круйзер 1 л/т	90	3	1	6	-
Круйзер 5 л/т	98	–	–	16	4
Табу 0,05 л/т	99	–	–	12	9
Табу 0,5 л/т	92	–	–	12	4
Табу 2,5 л/т	96	–	–	–	2

Таким образом, семена ярового ячменя урожая 2017 г. обработанные инсектицидами-протравителями были в слабой степени поражены возбудителями корневых гнилей. Препарат табу при всех нормах расхода полностью подавлял развитие фузариума на семенах. Результаты опытов подтвердили ростостимулирующее действие круйзера и табу на длину проростков ячменя.

**Литература**

1. Дудин Г. П., Помелов А. В., Черемисинов М. В., Емелев С. А. Оценка мутагенной активности химических факторов на яровом ячмене // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 6. С. 32–37.

2. 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. трудов Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 65-летию агрономического факультета: Киров: Вятская ГСХА, 2009. С. 106–110.



3. Черемисинов М. В., Гайтукаев Р. С. Поражаемость мутантов ярового ячменя корневыми гнилями // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2016. С. 187–190.

4. Черемисинов М. В., Тагакова Л. А. Мутационное и защитное влияние протравителей семян на растения ячменя сорта Нур в третьем поколении. // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2015. С. 113–116.

## РЕАКЦИЯ ПРОРОСТКОВ ЯЧМЕНЯ НА ОБРАБОТКУ СЕМЯН БИОПРЕПАРАТАМИ НА ОСНОВЕ РИЗОБАКТЕРИЙ

*С. А. Емелев, А. В. Помелов, М. В. Черемисинов, Г. П. Дудин*  
*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*  
*k-selex@vgsha.info*

Во всем мире, в том числе и в России, в последнее время значительно вырос интерес к проблемам микробиологии в сельском хозяйстве. Особое внимание привлекают микробиопрепараты полифункционального действия. Основой микробиологических препаратов служат живые культуры микроорганизмов и продукты их метаболизма. В РФ созданы биопрепараты на основе ассоциативных бактерий, способных активно заселять ризосферу растений и связывать молекулярный азот при инокуляции семян или корней. Биопрепараты являются стимулятором корнеобразования (развитие мощной корневой системы) и роста растений, повышают устойчивость растений к болезням путем подавления фитопатогенной микрофлоры, улучшают качество урожая за счет увеличения в них витаминов, белка и незаменимых аминокислот. 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 [1].

На кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии выявлено мутагенное [2], росторегулирующее и фунгицидное действие на ячмене биопрепаратов на основе ризосферных бактерий из рода *Pseudomonas* и *Bacillus* [3, 4], цианобактерий [5] и недостаточно изучено влияние на проростки микробиологических жидких удобрений на основе ризобактерий из рода *Azotobacter*.

В биологической лаборатории филиала Россельхозцентра по Кировской области в настоящее время выпускаются микробиологические препараты: ризоагрин Б, флавобактерин, азолен Ж в жидкой препаративной форме.

Ризоагрин Б создан на основе штамма, относящегося к роду *Agrobacterium radiobacter*, штамм 204. Флавобактерин создан на основе высокоэффективного штамма ассоциативных азотфиксаторов относящегося к роду *Flavobacterium sp.* Азолен Ж – биоудобрение на основе почвенных микроорганизмов *Azotobacter vinelandii*, штамм ИБ 4.

Компания «Промышленные Инновации» (г. Новомосковск Тульская область) производит микробиологические удобрения азотовит в жидкой фор-

ме на основе живых клеток и спор бактерий *Azotobakter chroococcum*, штамм В-9029 [6].

Цель исследования – изучить влияние микробиологических препаратов в жидкой препаративной форме на рост ярового ячменя на начальном этапе органогенеза.

Лабораторные исследования проводили на яровом ячмене двух сортов – Белгородский 100 и Нур урожая 2017 г. Семена обрабатывали в день посева в соответствии с вариантами опыта, приведенными в таблице 1. Норма расхода биопрепаратов – 1 л/т с учетом титра препаратов, поступающих в продажу: ризоагрин Б (титр  $2-3 \cdot 10^9$  кл./мл); флавобактерин (титр  $2-4 \cdot 10^9$  кл./мл); азолен Ж (титр  $4-8 \cdot 10^9$  кл./мл); азотовит (титр  $5 \cdot 10^9$  кл./мл).

Расход рабочей жидкости – 20 л/т семян. В контрольном варианте семена сортов Белгородский 100 и Нур обрабатывали водой из расчета 20 л/т.

Сорт Белгородский 100, созданный в ОАО НПФ «Белселект», является стандартом для ярового ячменя Кировской области: раннеспелый, высокая урожайность, хорошие качественные показатели, засухоустойчивость. Включен в список ценных по качеству сортов.

Сорт Нур – селекции ФГБНУ Московский НИИСХ «Немчиновка» и ФГБНУ Рязанский НИИСХ: среднеспелый, устойчив к полеганию, засухоустойчивость средняя. Включен в список ценных по качеству сортов.

Лабораторная всхожесть – это число нормально проросших семян в пробе, взятой для анализа, выраженное в процентах. Определяют ее путем проращивания семян в лабораторных условиях, установленных ГОСТом 12038-84 для каждой культуры. Опыт проводили в рулонах из фильтровальной бумаги, в темноте при постоянной температуре в двух кратной повторности. На восьмой день после закладки опыта определяли лабораторную всхожесть семян, проводили измерение длины проростков и корней [7].

Для оценки изменчивости количественных признаков определяли основные статистические характеристики, существенность различий между вариантом и стандартом устанавливали с помощью критерия Стьюдента [8].

Результаты исследований показали, что изучаемые препараты оказали стимулирующее действие на всхожесть семян сорта Белгородский 100 (табл. 1). При этом достоверное увеличение данного показателя по сравнению с контролем отмечено при обработке семян препаратами флавобактерин, азотовит, азолен. Наибольшая лабораторная всхожесть семян ячменя Белгородский 100 получена под влиянием препарата азолен Ж – 96,6%.

Реакция сорта Нур на обработку микробиологическими препаратами несколько отличалась. Наибольшая всхожесть семян была отмечена под влиянием препарата флавобактерин – 97,4%. Достоверное увеличение всхожести семян по сравнению с контролем также отмечено при обработке семян данного сорта препаратом ризоагрин Б.

Согласно ГОСТу 52325-2005 всхожесть семян зерновых культур для посева должна быть не ниже 92,0% [7]. В большинстве вариантов опыта у обоих сортов ярового ячменя под влиянием биопрепаратов данный показа-

тель превысил необходимое значение, что является очень важным на этапе сертификации семян.

Таблица 1

**Всхожесть семян ярового ячменя**

Вариант	Белгородский 100			Нур		
	всхо- жесть семян, %	отклонение от кон- троля, %	% к кон- тролю	всхо- жесть семян, %	отклонение от кон- троля, %	% к кон- тролю
Контроль	91,4	0,0	100,0	92,2	0,0	100,0
Ризоагрин Б	93,2	+1,8	102,0	96,7	+4,4	104,8
Флавобакте- рин	93,9	+2,5	102,8	97,4	+5,2	105,6
Азолен Ж	96,6	+5,2	105,7	93,5	+1,3	101,4
Азотовит	94,9	+3,5	103,8	91,9	-0,4	99,6
НСР <sub>0,95</sub>		2,4			2,1	

Лабораторный опыт также показал, что при обработке семян препаратами сорта Нур наблюдалось достоверное увеличение длины проростков ячменя на 8-й день культивирования (табл. 2). Наибольший стимулирующий эффект отмечен в варианте ризоагрин Б (26% по сравнению с контролем). В вариантах опыта флавобактерин и азолен (сорт Белгородский 100) наблюдалось незначительное уменьшение длины проростков по сравнению с контролем.

Таблица 2

**Длина проростков и первичных корешков ярового ячменя**

Вариант	Длина про- ростков, см	% к кон- тролю	Длина кор- ней, см	% к кон- тролю	Суммарная длина кор- ней и про- ростков, см	% к контро- лю
Сорт Белгородский 100						
Контроль	8,2±0,4	100,0	9,7±0,5	100,0	17,9	100,0
Ризоагрин Б	9,0±0,3	109,3	10,6±0,3	109,2	19,5	109,3
Флавобакте- рин	7,9±0,2	96,2	12,9±0,4***	133,2	20,8	116,3
Азолен Ж	7,8±0,3	95,5	11,6±0,4**	119,8	19,5	108,7
Азотовит	9,0±0,4	109,8	10,3±0,6	105,7	19,2	107,6
Сорт Нур						
Контроль	6,6±0,2	100,0	10,7±0,4	100,0	17,3	100,0
Ризоагрин Б	8,4±0,3***	126,0	11,1±0,4	104,2	19,5	112,6
Флавобакте- рин	8,1±0,3***	121,5	13,4±0,3***	125,4	21,4	123,9
Азолен Ж	8,1±0,3***	122,6	12,3±0,6*	115,7	20,5	118,4
Азотовит	8,1±0,4**	122,3	12,3±0,5*	115,7	20,4	118,2

Примечание: различия достоверны при уровне вероятности: \* – P>0,95; \*\* – P>0,99; \*\*\* – P>0,999.

У сортов Белгородский 100 и Нур было выявлено достоверное стимулирующее действие препаратов флавобактерин и азолен на длину первичных корешков. Наибольшее положительное влияние на длину корней оказала обработка препаратом флавобактерин (соответственно 12,9 и 13,4 см). Достоверное увеличение длины первичных корешков по сравнению с контролем отмечено также в варианте с препаратом азотовит (сорт Нур).

Реакцию растений ярового ячменя оценивали и с помощью среднего суммарного показателя депрессии (D,%) – стимуляции (St,%). Этот метод подсчета нивелирует существующую вариацию выраженности любого количественного признака и дает объективный показатель разницы между сравниваемыми вариантами [9]. Коэффициент депрессии (или стимуляции) рассчитывался по трем признакам: лабораторная всхожесть семян, длина проростков и корней.

Флавобактерин стимулирует развитие растений ярового ячменя на первом этапе развития у сорта Белгородский 100 на 10,7%, а у сорта Нур на 17,9% (рис.).

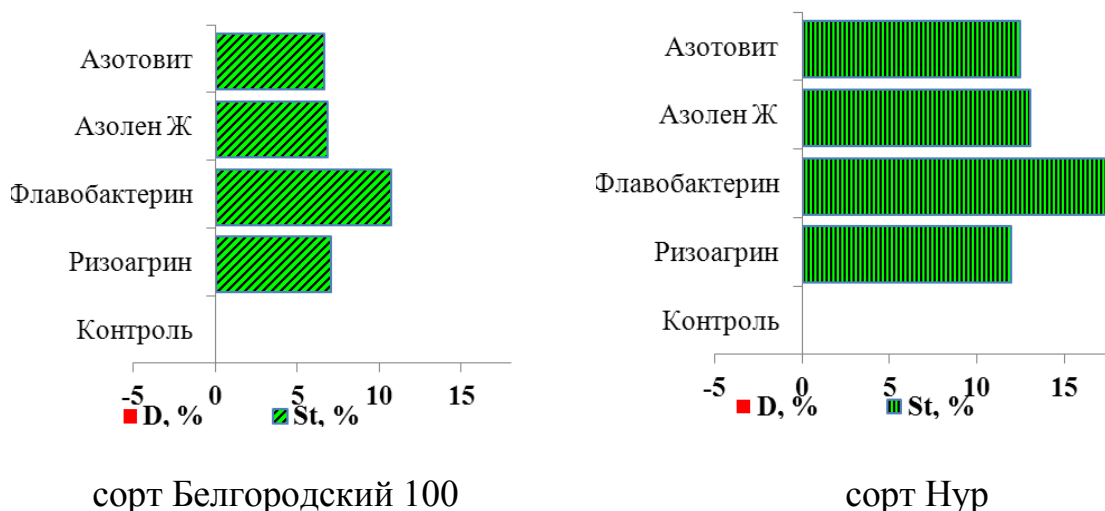


Рис. Депрессия – стимуляция роста проростков ярового ячменя под влиянием биопрепаратов

Другие препараты также стимулируют первоначальный рост растений ячменя. Сорт Нур обладает большей отзывчивостью на изучаемые бактериальные препараты: уровень стимуляции 12,0–13,0%, тогда как у сорта Белгородский 100 положительная реакция составила 6,6–7,0%.

Таким образом, применение биопрепаратов приводит к стимуляции прорастания семян, что особенно важно, когда семена сформировались в неблагоприятных условиях, особенно в условиях 2017 г.

На яровом ячмене как сорта Белгородский 100, так и Нур необходимо отдавать предпочтение препарату флавобактерин, так как он способствует на начальных этапах развития лучшему формированию растений. Этот препарат в основном усиливает рост корневой системы, что способствует формированию большего урожая ячменя.

## Литература

1. Завалин А. А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 9–11.
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. Черемисинов М. В., Помелов А. В., Дудин Г. П. Влияние химических и биологических препаратов на рост и развитие растений ячменя в М<sub>1</sub> // Науке нового века – знания молодых: Тезисы докладов 2-ой конф. аспирантов и соискателей. Киров: Вятская ГСХА, 2002. С. 34–36.
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., Ковригин Ю. А., Трефилова Л. В. Влияние микробиологических препаратов на рост растений и развитие корневых гнилей ячменя // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 105-летию со дня рождения профессора Эмилии Андриановны Штиной. Киров: Вятская ГСХА, 2015. С. 227–231.
6. Микробиологическое удобрение Азотовит / [www.industrial-innovations.ru/products/](http://www.industrial-innovations.ru/products/)
7. Ступин А. С. Основы семеноведения. СПб.: Лань, 2014. 384 с.
8. Моисейченко В. Ф., Трифонова М. В., Заверюха А. Х. и др. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос, 1996. 336 с.
9. Володин В. Г., Лисовская З. И. Радиационный мутагенез у ячменя. Мн.: Наука и техника, 1979. 144 с.

## ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ ПИХТЫ И СОСНЫ

*Е. С. Калинина<sup>1</sup>, Е. Н. Резник<sup>1</sup>, Г. П. Шишкин<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Вятский государственный университет,*

*kalina.evgeniya@icloud.com, reznick@yandex.ru*

*<sup>2</sup> Кировский государственный медицинский университет,*

*shgp45@mail.ru*

Биологическую активность многих растительных препаратов связывают с их антиоксидантными свойствами. В качестве природных антиоксидантов широкое распространение получили растительные экстракты и эфирные масла.

Целью работы было сравнить антиоксидантные свойства эфирных масел пихты и сосны, растительных экстрактов пихты и сосны.

Проводили исследование пихтового и соснового масел, произведенного фирмой Mirrolla Nature (г Санкт-Петербург), растительных экстрактов пихты и сосны производства «Хим-Агро» (г. Кирово-Чепецк).

Известен состав как эфирного масла пихты и сосны, а также и растительных экстрактов. В эфирном масле сосны и пихты в основном преобладают  $\alpha$ - Пинен,  $\beta$ - Пинен, камфен, кариофиллен, борнеол, борнилацетат, лимонен и так далее. По составу растительных экстрактов сосны и пихты значительного различия нет. В них присутствуют терпены, терпеновые спирты,

сложные эфиры и карбоновые кислоты. Аскорбиновая кислота содержится только в экстракте сосны.

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].

Анализ образцов проводили по реакции Фентона. Метод индуцирования хемилюминесценции пероксидом водорода с сульфатом железа основан на том, что в данной системе происходит каталитическое разложение пероксида ионами металла с переходной валентностью – двухвалентным железом по реакции Фентона. При этом, свободные радикалы вступают в реакцию с исследуемым объектом, образуется неустойчивое соединение, которое распадается с квантов света.

Характеристики хемилюминесценции регистрировали на установке «Люменометр», сконструированной на кафедре физики и медицинской информатики Кировского государственного медицинского университета [2].

Установка состояла из фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), который способен регистрировать одиночные кванты, излучаемые объектом; устройство-гнездо для пробирки с испытуемым веществом, сопряжённое с ФЭУ; высоковольтный блок питания для ФЭУ; электронный блок обработки сигнала с ФЭУ и компьютер с монитором для наблюдения и записи сигнала во временной развёртке [3].

Для данного эксперимента были взяты реактивы:  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (для подкисления  $\text{FeSO}_4$ ),  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (96%-ый), дистиллированная вода, исследуемое масло/экстракт.

Процесс свечения регистрировали в течение 10 с.

Для количественного определения антиоксидантной активности (АОА) использовали следующие показатели: 1.  $I_{\max}$  (имп./сек.мВ) – максимальная интенсивность – отражает потенциальную способность объекта к СРО (свободнорадикальное окисление). 2.  $S$  – светосумма (за 10 сек) – отражает содержание радикалов, соответствующих обрыву цепи СРО. 3. Антиоксидантный потенциал обследуемой пробы коррелирует с показателем  $\text{tg } \alpha$  и коэффициентами  $a$  и  $Z$ . Показатели  $a$  и  $Z$  находятся по следующим формулам:

$$a = S / I_{\max} t$$

$$Z = S / I_{\max}$$

Чем выше  $\text{tg } \alpha$ , тем выше АОА в исследуемой пробе, и наоборот, чем выше  $a$  и  $Z$ , тем ниже АОА.

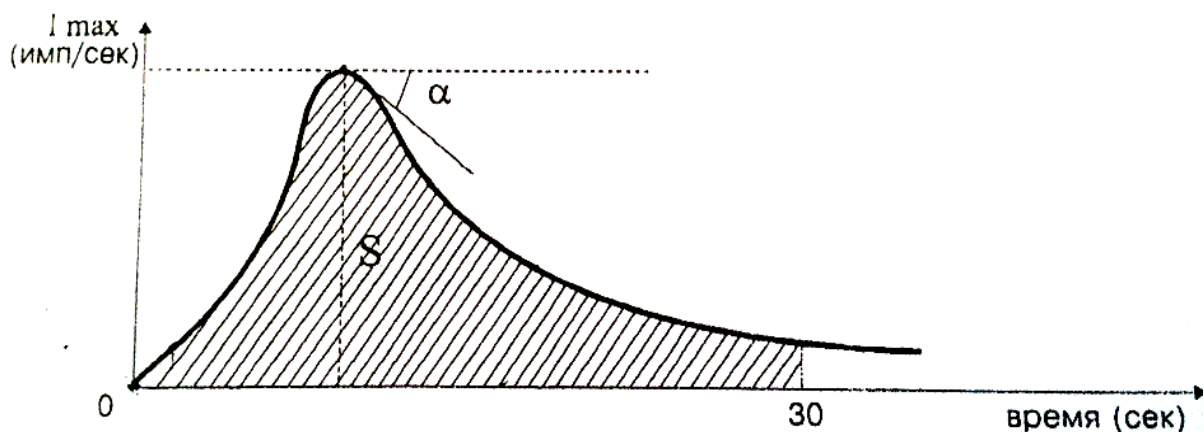


Рис. Кинетическая кривая развития ХЛ-сигнала

По данным эксперимента были получены следующие данные об АОА по трём показателям:  $\text{tg } \alpha$ ,  $a$  и  $Z$ . В таблице показаны средние значения с погрешностью.

Таблица

**Результаты по АА**

Объект/ показатель	$\text{tg } \alpha$	$a$	$Z$
Эфирное масло пихты	$1,680 \pm 0,132$	$0,092 \pm 0,001$	$0,920 \pm 0,001$
Растительный экстракт пихты	$1,109 \pm 0,082$	$0,099 \pm 0,001$	$0,992 \pm 0,001$
Эфирное масло сосны	$1,9645 \pm 0,0179$	$0,097 \pm 0,001$	$0,970 \pm 0,001$
Растительный экстракт сосны	$2,424 \pm 0,123$	$0,100 \pm 0,002$	$0,995 \pm 0,002$

Полученные результаты показывают, что препараты, полученные из сосны, обладают более высокой АОА, чем из пихты. Эфирное масло пихты обладает большей АОА по сравнению с растительным экстрактом пихты. Но в тоже время растительный экстракт сосны обладает большей АОА по сравнению с эфирным маслом сосны. Вероятно, это связано с тем, что в составе растительного экстракта сосны есть аскорбиновая кислота, которая является известным антиоксидантом.

**Литература**

1. Хасанов В. В., Рыжова Г. Л., Мальцева Е. В. Методы исследования антиоксидантов // Химия растительного сырья. 2004. № 3. С. 63–75.
2. Каткова А. А., Калинина Е. С., Резник Е. Н., Шишкин Г. П. Сравнительная оценка антиоксидантной активности пихтового эфирного масла методом люминометрии // Актуальные проблемы потребительского рынка товаров и услуг: Сб. статей IV междунар. науч.-практ. конф., посвященной 30-летию Кировского ГМУ. Киров: ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России, 2017. 315 с. С. 94–97.
3. Калинина Е. С., Резник Е. Н. Оценка качества эфирного масла пихты // Перспективы науки – 2017: Сб. докладов VI Междунар. конкурса науч.-исследовательских работ Казань: «Рокета Союз», 2017. 386 с. С. 344–347.

# ЭФФЕКТЫ ВЛИЯНИЯ СОЧЕТАНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ И ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ В ТКАНЯХ *CERATOPHYLLUM DEMERSUM*

С. А. Розина, О. Н. Макурина

Самарский национальный исследовательский университет  
им. академика С. П. Королёва, rozina.sa@inbox.ru, makurina.on@mail.ru

Антропогенное загрязнение в большинстве случаев представлено набором неблагоприятных факторов различной природы. Химические соединения в результате миграции по природным циклам накапливаются в гидросфере [1–3]. Катионные синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) наиболее устойчивы к биодеградации и представляют большую опасность для живых организмов по сравнению с анионными и амфотерными СПАВ [4, 5]. Среди тяжёлых металлов соединения свинца являются наиболее распространёнными поллютантами, поступающими в окружающую среду с некоторыми видами минеральных удобрений и отходами различных производств [6]. В то же время, с середины 60-х гг. XX наблюдается потепление в Северном полушарии, обусловленное как изменением солнечной активности и вулканической деятельности, так и парниковым эффектом вследствие повышения концентрации парниковых газов в атмосфере в результате деятельности человек [7, 8]. Сточные воды ТЭС, АЭС, ТЭЦ, ГРЭС и подогретые сточные воды производств приводят к локальному повышению температуры воды до 28–32 °С [1] и химическому загрязнению. Подобные водные экосистемы могут быть моделью для изучения адаптационных возможностей гидробионтов и прогнозирования динамики экосистем в условиях потепления климата.

Целью настоящей работы стало исследование эколого-физиологических реакций высшего водного погруженного растения *Ceratophyllum demersum* на сочетанное действие антропогенных факторов химической (100 мкМоль/л ионов свинца, 1% раствор катионных СПАВ) и физической природы (повышенная температура воды, +36 °С).

Объектом исследования был выбран пресноводный макрофит – роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.). Эксперимент проводился в лабораторных условиях при одинаковой интенсивности и регулярности светового потока. В ходе эксперимента растения были разделены на 2 группы, различающиеся средой выращивания. Контрольная группа растений находилась в среде отфильтрованной водопроводной воды, +20 °С, опытная инкубировалась в присутствии 100 мкМоль/л ионов свинца, 1% катионного СПАВ, +36 °С. Непосредственно перед началом исследований фрагменты растений длиной до 50 мм, считая от точки роста, помещали в стеклянные емкости объемом 1 дм<sup>3</sup>.

Продолжительность влияния выбранного нами сочетания факторов составила 72 часа. По истечении 12 и 72 часов экспозиции часть растений из



каждой группы отбирали на исследования, а часть переносили в чистую отфильтрованную воду для реабилитации (длительностью 5 суток). После реабилитации также проводили измерения биохимических показателей.

Биохимические исследования проводили с использованием общепринятых методов: пероксидазную активность определяли посредством концентрационной колориметрии по А. Н. Бояркину [9]; каталазную активность – посредством концентрационной колориметрии по М. А. Королюк и Л. И. Ивановой [10]; количественное определение фотосинтетических пигментов по Г. Бриттону [11]; содержание водорастворимых и мембраносвязанных белков определяли по методу М. М. Брэдфорда [12].

В результате исследований было выявлено, что сочетанное влияние химических и физического факторов приводит к менее выраженным морфометрическим и более значимым биохимическим отклонениям по сравнению с индивидуальным влиянием факторов [13, 14]. У растений *C. demersum* наблюдался небольшой хлороз и незначительное опадение листьев.

Динамика содержания пигментов, отношение хлорофилла *a/b* и доля хлорофиллов в ССК в тканях *C. demersum* отражена в таблице.

Таблица

**Влияние 100 мкМоль/л ионов свинца и 1% раствора катионных СПАВ при температуре воды +36 °С на содержание пигментов (мг/г сырого материала), отношение хлорофилла *a/b* и долю хлорофиллов в ССК (в %) в тканях *C. demersum* в условиях инкубации и реабилитации**

Показатели	хл <i>a</i>	хл <i>b</i>	каротиноиды	<i>a/b</i>	(хл <i>a</i> + хл <i>b</i> )/ каротиноиды	доля хлоро- филлов в ССК
Контроль	1,290	0,480	0,255	2,69	6,941	60
12 часов инкубации	0,284*	0,082*	0,010*	3,48*	3,674*	49
72 часа инкубации	0,722*	0,259*	0,153*	2,79	6,415	58
Контроль	1,300	0,48	0,265	2,71	6,717	59
Реабилитация от 12 часов	0,442*	0,043*	0,133*	10,23*	3,662*	20
Реабилитация от 72 часов	1,287	0,480	0,254	2,68	6,946*	60

\* – степень достоверности  $p < 0,05$

Инкубация продолжительностью в 12 часов показала, что содержание пигментов в тканях растений опытной группы *C. demersum* в 2,5–5 раз было ниже, чем показатель контрольной группы. Отношение хлорофилла *a/b* в тканях растений опытной группы в результате в 1,3 раза было выше показателя контрольной. Влияние сочетания факторов через 72 часа привело к снижению содержания пигментов в тканях растений опытной группы в 1,7 раза. Предположительно, это связано с неблагоприятным влиянием ионов свинца на фото-

синтез, приводящим к нарушению ультраструктуры хлоропластов, ингибирующим синтез пигментов и ферментов цикла Кальвина [15].

В период реабилитации от влияния сочетания химических и физическо-го факторов в тканях растений опытной группы содержание хлорофилла *a* было ниже в 2,9 раза, хлорофилла *b* – в 10 раз, каротиноидов – в 2 раза. Полученные данные указывают на остаточное влияние неблагоприятных факторов.

Динамика содержания водорастворимых и мембраносвязанных белков отражена на рисунке 1.

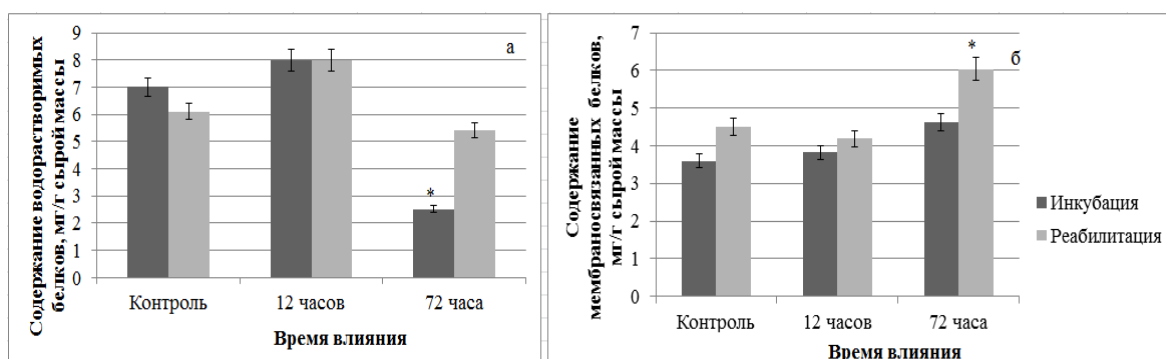


Рис. 1. Динамика содержания водорастворимых (а) и мембраносвязанных (б) белков в тканях *C. demersum* в условиях инкубации при повышенной температуре (+36°C) с добавлением 100 мкМоль/л ионов свинца и 1% раствора катионных СПАВ с последующей реабилитацией; \* – степень достоверности  $p < 0,05$

После 72 часов инкубации в тканях растений опытной группы содержание водорастворимых белков было ниже в 3 раза, чем значение показателя контрольной группы растений, тогда как содержание мембраносвязанных белков – в 1,3 раза выше. Согласно литературным данным, для катионных СПАВ характерно образование плёнок на границах раздела сред, например, на границе вода – воздух, растение – вода, и растворение (солюбилизация) мембран. Негативное влияние детергента на мембранные структуры приводит к дезинтеграции внутриклеточных компартментов и связыванию водорастворимых белков, в результате содержание свободных водорастворимых белков снижается [16]. В период реабилитации от влияния сочетания факторов в тканях *C. demersum* опытной группы содержание водорастворимых и мембраносвязанных белков было выше в 1,3 раза показателей контрольной группы растений. Вероятно, увеличение содержания мембраносвязанных белков – ответная реакция растений по укреплению мембран.

Динамика ферментативной активности в тканях *C. demersum* в условиях инкубации при сочетании физического и химических факторов отражена на рисунке 2. Влияние сочетания физического и химических факторов на протяжении 72 часов привело к тому, что в тканях растений опытной группы пероксидазная активность была ниже в 3,3 раза, чем показатели контрольной группы растений, тогда как каталазная – выше в 1,5 раза. Полученные данные

указывают на силу окислительного стресса в период реабилитации, вызвавшего снижение пероксидазной активности в 1,3 раза, каталазной – в 5 раз.

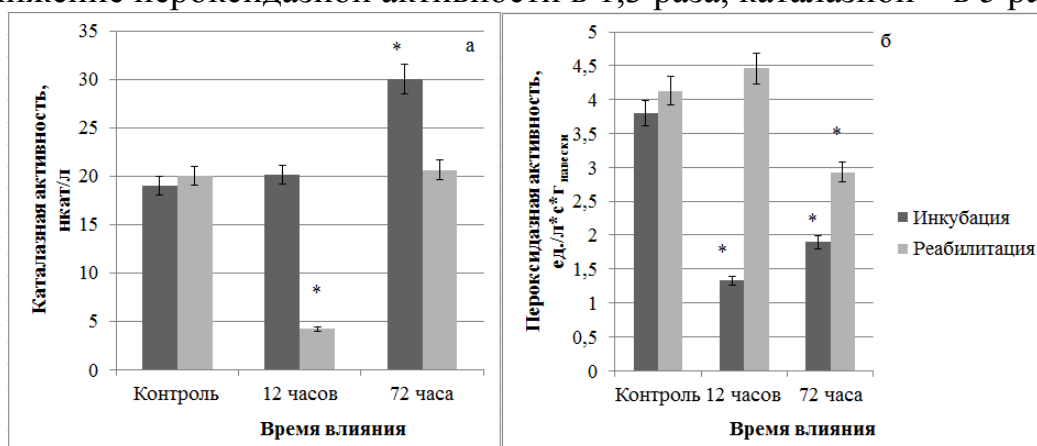


Рис. 2. Динамика каталазной (а) и пероксидазной (б) активности в тканях *C. demersum* в условиях инкубации при повышенной температуре (+36°C) с добавлением 100 мкМоль/л ионов свинца и 1% раствора катионных СПАВ с последующей реабилитацией; \* – степень достоверности  $p < 0,05$

В эксперименте с влиянием сочетания физического и химических факторов преобладают эффекты влияния 1% раствора катионных СПАВ, повышенной температуры (+36 °C) и их сочетания, однако, повреждения растительных тканей и отклонение биохимических показателей от значений контрольной группы растений выражены в меньшей степени. В целом, адаптация растительного организма проходит по пассивной стратегии, для которой характерно снижение уровня энергообмена и целостности всех уровней организации, кроме организменного [17].

### Литература

1. Брагинский, Л. П. Принципы классификации и некоторые механизмы структурно-функциональных перестроек пресноводных экосистем в условиях антропогенного пресса / Л. П. Брагинский // Гидробиол. журн. 1998. Т. 34. № 6. С. 72–94.
2. Долгоносов, Б. М. Проблемы обеспечения качества воды в природно-техническом комплексе водоснабжения / Б. М. Долгоносов // Инженерная экология. 2003. № 5. С. 2–4.
3. Вишневецкий, В. Ю. Анализ воздействия загрязняющих веществ на поверхностные водные объекты / В. Ю. Вишневецкий, Ю. М. Вишневецкий // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2009. Т. 96. №7. С. 135–139.
4. The relationship between the interfacial properties of surfactants and their toxicity to aquatic organisms / M. J. Rosen, F. Li, S. W. Morall, D. J. Versteeg // Environ. Sci. Technol. 2001. Vol. 35. № 5. P. 954–959.
5. Ying, G. G. Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment / G. G. Ying // Environ. Int. 2006. Vol. 32. № 3. P. 417–431.
6. Филенко, О. Ф. Основы водной токсикологии / О. Ф. Филенко, И. В. Михеева. М.: Колос, 2007. 140 с.
7. Roetzer, T. Phenological maps of Europe / T. Roetzer, F. Chmielewski // Climate research. 2001. Vol. 18. P. 249–257.
8. Заварзин, Г. А. Роль биоты в глобальных изменениях климата / Г. А. Заварзин // Физиология растений. 2001. Т. 48, № 2. С. 306–314.

9. Бояркин, А. Н. Быстрый метод определения активности пероксидазы / А. Н. Бояркин // Биохимия. 1951. Т. 16. № 4. С. 352–355.
10. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк, Л. И. Иванова, И. Г. Майорова, В. Е. Токарев // Лаб. дело. 1988. № 1. С. 16–19.
11. Бриттон, Г. Биохимия природных пигментов. Пер. с англ. / Г. Бриттон. М.: Мир, 1986. 422 с.
12. Bradford, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding / M. M. Bradford // Anal. Biochem. 1976. Vol. 72. P. 248–254.
13. Розина, С. А. Сравнение эффектов воздействия катионных синтетических поверхностно-активных веществ, температурного стресса и их сочетанного воздействия на ферментативную активность тканей высшего водного растения *Ceratophyllum demersum* / С. А. Розина // Теоретические и прикладные проблемы современной науки и образования. Материалы междунар. науч.-практ. конф. Курск: Курский ин-т соц. обр-я (филиал) РГСУ, 2013. С. 276–283.
14. Розина, С. А. Сравнение эффектов воздействия ионов свинца, температурного стресса и их сочетанного воздействия на ферментативную активность тканей высшего водного растения *Ceratophyllum demersum* / С. А. Розина // Теоретические и прикладные проблемы современной науки и образования. Материалы междунар. науч.-практ. конф. Курск: Курский ин-т соц. обр-я (филиал) РГСУ, 2013. С. 283–292.
15. Sublethal concentration of copper stimulate photosystem II photoinhibition in *Chlorella pyrenoidosa* / D. V. Vavilin, V. A. Polynov, D. N. Matorin, P. S. Venediktov // Plant Physiol. 1995. Vol. 146. P. 609–614.
16. Seddon, A. M. Membrane proteins, lipids and detergents: not just a soap opera / A. M. Seddon, P. Curnow, P. J. Booth // Biochim. Biophys. Acta. 2004. Vol. 1666. P. 105–117.
17. Жиров, В. К. Интродукция растений как приоритетное направление научной и практической деятельности Полярно-альпийского ботанического сада-института / В. К. Жиров, О. Б. Гонтарь // Вестник Кольского научного центра РАН. 2009. № 1. С. 34–44.

## **РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-ТЕСТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУТАТИОНА В РАСТЕНИЯХ**

*М. Л. Соколова, Е. И. Лялина*

*Вятский государственный университет, marijasokolowa@mail.ru*

Растения являются важным компонентом среды: они обогащают воздух кислородом, увлажняют и очищают его, способствуют снижению шума и влияют на микроклимат территории. В настоящее время многие растения подвергаются негативному воздействию различных стресс-факторов. Для защиты от их повреждающего действия клетки растений используют различные антиоксидантные системы [1].

Глутатион (GSH) является одним из самых мощных компонентов антиоксидантной системы, который синтезируется в клетках растений и эффективно защищает их. Количество глутатиона и его редокс-состояние являются показателями устойчивости организма к действию агрессивных факторов биотической и абиотической природы [2]. Экспресс-тест, в основе которого будет лежать определение количества восстановленного глутатиона в растениях, позволит быстро оценивать стрессовое состояние растений, встречаю-

щихся на территории, подверженной воздействию негативных факторов окружающей среды.

Для создания тест-системы на первом этапе необходимо выбрать наиболее подходящий способ экстракции GSH из растений, а на втором – выбрать материал, из которого будет состоять основа тест-системы.

Эксперимент проводили на растениях овса. Овес выращивали в течение 14 суток на почвенном субстрате в двух вариантах в одинаковых условиях. В первый вариант в течение трех дней вносили раствор  $\text{CuSO}_4$  с концентрацией  $1,6 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>, во второй – дистиллированную воду. Количество глутатиона восстановленного определяли на 3-й день после обработки.

Выделяли GSH из растений двумя способами: кислотной и буферной экстракцией. Кислотная экстракция: 5 г листьев растирают в фарфоровой ступке с добавлением 5 см<sup>3</sup> 5% раствора сульфосалициловой кислоты. Буферная экстракция: 5 г листьев растирали в фарфоровой ступке с добавлением 5 см<sup>3</sup> 0,5 М натрий фосфатного буфера (рН = 7,5) и 1 см<sup>3</sup> 0,18% раствора трилона Б. Суспензии, полученные при кислотной и буферной экстракции, центрифугировали при 1500 об/мин в течение 5 мин, центрифугат фильтровали через фильтр «синяя лента» до полного удаления взвешенных частиц [3].

Концентрацию GSH в экстракте определяли методом спектрофотометрии с реактивом Элмана [4]. Метод основан на способности реактива Элмана образовывать окрашенное соединение с –SH группами глутатиона. Образующийся 5-тио-2-нитробензойный анион имеет интенсивную окраску желтого цвета.

Полученные результаты показывают, что в экстракте из растений, которые выращивали в почве с добавлением  $\text{CuSO}_4$ , концентрация GSH оказалась выше, чем в контроле. В буферном экстракте она составила  $(1,25 \pm 0,38) \cdot 10^{-2}$  ммоль/дм<sup>3</sup>, а в контроле  $(3,2 \pm 0,11) \cdot 10^{-3}$  ммоль/дм<sup>3</sup>. При кислотной экстракции зависимость наблюдали аналогичную: в кислотном экстракте из растений, подверженных воздействию ионов металла, концентрация GSH составила  $(1,91 \pm 0,46) \cdot 10^{-2}$  ммоль/дм<sup>3</sup>, а в контроле –  $(1,28 \pm 0,1) \cdot 10^{-2}$  ммоль/дм<sup>3</sup>.

В буферном и кислотном экстрактах, приготовленных из растений одного и того же варианта концентрации GSH различные. Это, возможно, связано с тем, что при кислотной экстракции происходит разрушение GSH до аминокислот, а при буферной экстракции система достаточно эффективна, так как буфер имеет рН, близкое к физиологической. Поэтому, наиболее целесообразнее использовать метод буферной экстракции.

Следующий этап – создание основы тест-системы. Исследовали следующие материалы: фильтровальная бумага, силикагель, бумага для тонкослойной хроматографии. Бумага для тонкослойной хроматографии и фильтровальная не подошли, так как возникает слабая фиксация индикатора на целлюлозном носителе. Так же происходит вымывание индикатора с бумаги в анализируемый раствор, что снижает точность определения.

Наиболее оптимальным материалом был силикагель, так как он обладает следующими преимуществами: высокой сорбционной способностью, не имеет окраски и легко принимает и сохраняет необходимую форму. Методика синтеза пористого материала на основе силикагеля. В химический стакан помещали навеску силикагеля массой по 2 грамма и 0,1 г сахарной пудры, добавляли 12% раствор реактива Элмана. Из полученной смеси сформировали таблетки. Для визуального экспресс-определения содержания GSH в растениях создали цветовую шкалу, на таблетки наносили раствор глутатиона с концентрациями от  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $1 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup> (рис. 1). Диапазон концентраций был обоснован возможным содержанием глутатиона в растениях.

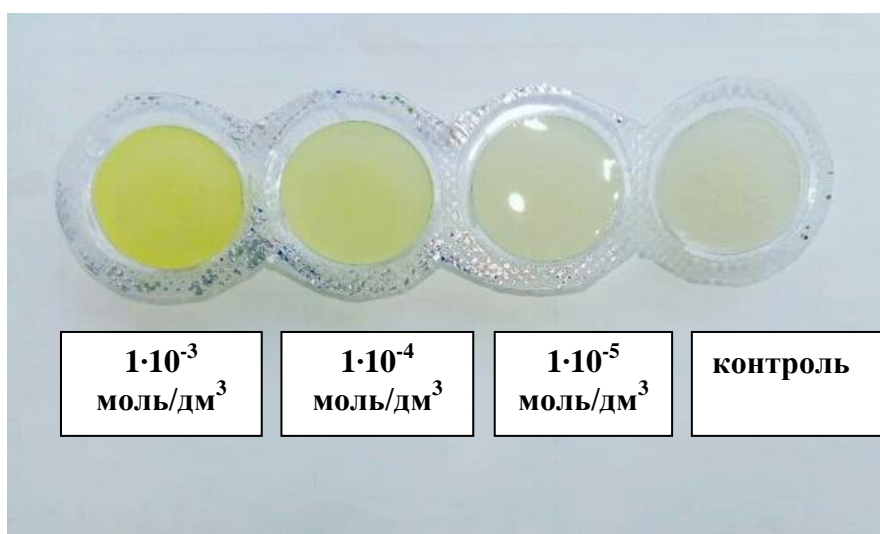


Рис. 1. Цветовая шкала для определения GSH

Из-за хрупкости сформированных таблеток, для тест-системы полученной массой заполнили стеклянные трубки. Через трубку пропускали анализируемую жидкость – экстракт растений. В результате взаимодействия закрепленного реагента и экстракта в трубке образуется соединение, имеющее окраску, отличную от окраски слоя сорбента, представленного на рисунке 2.

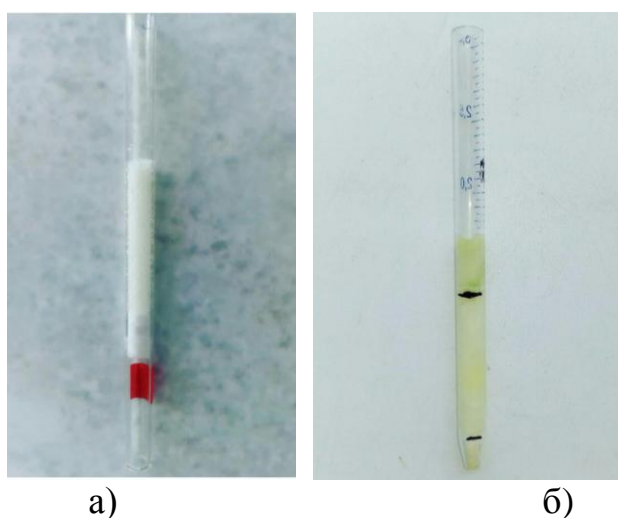


Рис. 2. Индикаторная трубка с реактивом Элмана (а), индикаторная трубка с реактивом Элмана и исследуемым экстрактом (б)

Сопоставление интенсивности окраски тест-образцов с цветовой шкалой проводили, размещая шкалу и исследуемый образец на листе белой бумаги. В результате сравнения исследуемый образец совпал со шкалой, ему приписывается концентрация  $1 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>.

Для создания тест-системы определения GSH зависимой защитной системы организма был подобран наиболее оптимальный способ экстракции глутатиона из растений и выбрана основа тест-системы – силикагель. Использование теста для определения GSH позволит проводить экспрессный анализ определения общего состояния растений в полевых условиях.

#### Литература

1. Холявка М. Г., Карпова С. С., Калаев В. Н., Лепешкина Л. А., Агапов Б. Л., Артюхов В. Г. Оценка оксидативного статуса растений, произрастающих в различных условиях // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 8–4. С. 891–897.
2. Agrawal S. B., Lee E. H., Kramert G. F., Pillai P. Changes in polyamine and glutathione contents of a green alga, *Chlorogonium elongatum* (dang) france exposed to mercury. *Environ. Exp. Botany*, 1992. 145 p.
3. Соколова М. Л. Разработка основы экспресс-теста для оценки глутатион-зависимой защитной системы организма // *Приоритетные направления развития образования и науки: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2017*. С. 23–24.
4. Ellman G. L. Tissue sulfhydryl groups // *Arch. Biochem. Biophys.* 1959. Vol. 82. P. 70–81.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СУЛЬФАТА МЕДИ(II) В ПРИСУТСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛСВЯЗЫВАЮЩИХ АГЕНТОВ НА СОСТОЯНИЕ РАСТЕНИЙ

*А. В. Бушмелева, М. Н. Оботурова, А. В. Жукова, Е. И. Лялина*  
*Вятский государственный университет, bushmelewa.92@gmail.com*

Исследование реакции живых организмов на действие различных токсикантов остается актуальным направлением, которое заключается в исследовании процессов связывания токсического металла и его влияние на организм. Изучение влияния ионов тяжелых металлов (ТМ), в частности ионов  $\text{Cu}^{2+}$ , на растения в присутствии различных металлсвязывающих агентов не является новой. В качестве металлсвязывающих агентов могут выступать гуминовые вещества (ГВ), глутатион восстановленный (GSH), цеолит (Ц) и т. д. Связывание ионов меди(II) ГВ, GSH и Ц [1–3] открывает потенциал данных веществ в качестве детоксикаторов. В литературе имеется достаточно много сведений о действии меди на живые организмы, однако данные об изменении комплекса биохимических показателей у высших растений, подверженных непродолжительному воздействию (двое суток) стресс-фактора в присутствии металлсвязывающих агентов (GSH, ГВ, Ц) отсутствуют.

Поэтому целью работы стало определение биохимических показателей реакции ячменя на действие сульфата меди(II) в присутствии различных металлсвязывающих агентов химической природы.

В качестве модельных растений использовали растения ячменя сорта Новичок. Растения выращивали на питательном растворе Кнопа, 30-суточные растения переносили на исследуемые растворы (табл.) на двое суток.

Таблица 1

**Варианты растворов, представленные в виде схемы смешивания раствора CuSO<sub>4</sub> с растворами металлсвязывающих агентов**

		H <sub>2</sub> O	Количество добавляемого металлсвязывающего агента, мг/дм <sup>3</sup>				
			GSH – 19,4	GSH – 97,0	ГВ – 19,4	ГВ – 97,0	Ц – 25000
С (CuSO <sub>4</sub> ), мг/дм <sup>3</sup>	0		+	–	+	–	+
	1	+	+	–	+	–	+
	5	+	–	+	–	+	+

Примечание: «+» – раствор исследовали, «–» – раствор не исследовали.

Контролем служила дистиллированная вода. Медь в раствор вносили в виде CuSO<sub>4</sub>, концентрация Cu<sup>2+</sup> в растворе соответствовала 1 ПДК (1 мг/дм<sup>3</sup>) и 5 ПДК (5 мг/дм<sup>3</sup>) для питьевой воды. Исследовали варианты Cu<sup>2+</sup> с металлсвязывающими агентами [4–5] и варианты, с металлсвязывающими агентами без Cu<sup>2+</sup>. В качестве металлсвязывающих агентов использовали GSH, ГВ, Ц. Варианты исследуемых растворов представлены в таблице (см. на пересечении горизонтальных строк с вертикальными). ГВ (подразумеваются гуминовые кислоты) выделяли из образцов торфа, отобранных из месторождения Кировской области, расположенного вблизи с. Чистополье Котельничского района. ГВ выделяли в ходе растворения их в щелочных растворах (рН > 7,0) и осаждения из растворов при рН = 2 [6]. Методом ИК-спектроскопии установили наличие гидроксо-, amino-, иминогрупп, что указывает на потенциал ГВ для связывания ионов Cu<sup>2+</sup>.

Через двое суток растения извлекали из растворов, корни отмывали дистиллированной водой. Об интенсивности перекисного окисления липидов (ПОЛ) судили по содержанию в растениях малонового диальдегида (МДА). Содержание МДА определяли в средней части третьего листа и в средней части корня. Определение МДА проводили методом спектрофотометрии с тиобарбитуровой кислотой [7]. Содержание Cu в растительном материале определяли методом инверсионной вольтамперометрии [8]. Для определения содержания тиоловых соединений использовали метод спектрофотометрии с реактивом Элмана [9].

*Влияние металлсвязывающих агентов на биоконцентрирование меди в корнях и листьях ячменя (рис. 1).* Для всех вариантов содержание Cu в корнях растений больше, чем в листьях. Содержание Cu в вариантах без внесения CuSO<sub>4</sub>, достоверной разницы по содержанию Cu не обнаружено, за исключением варианта с Ц, что может быть обусловлено внесением микроколичеств Cu<sup>2+</sup> с данным компонентом в раствор.



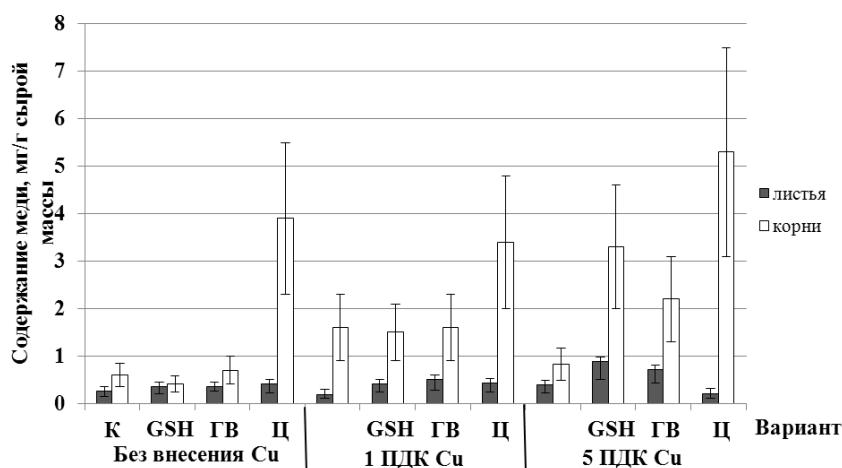


Рис. 1. Влияние GB, GSH и Ц на биоаккумуляцию Cu растениями ячменя

Внесение в среду для выращивания  $\text{CuSO}_4$  приводило к увеличению количества Cu, по сравнению с контрольными вариантами (до трех раз в варианте 5 ПДК Cu-GSH) в корнях и только в вариантах 5 ПДК Cu-GSH и 5 ПДК Cu-GB – в листьях. Корни способны играть роль барьера при проникновении металлов в растения за счет различных механизмов, в том числе химического связывания веществами различной природы [10]. Высокий коэффициент накопления в корнях по сравнению с таковым у листьев способствует выживанию растений даже в условиях высоких концентраций ионов ТМ [11]. Увеличение концентрации внесенного  $\text{CuSO}_4$  до 5 ПДК  $\text{Cu}^{2+}$  в присутствии GB и GSH приводит к усилению биоаккумуляции металла растениями, в корнях и в листьях растений, что следует учитывать при выращивании растений в условиях гидропоники. Изменение способности к биоаккумуляции может быть связано с образованием новых по свойствам соединений металла [12, 13], приобретаемые свойства которых позволяют проникать Cu внутрь организмов. Некоторые авторы отмечают влияние количественного соотношения ионов металла с GB, а также происхождение GB и степень их очистки [14].

*Влияние металлсвязывающих агентов и сульфата меди(II) на синтез в листьях ячменя соединений, содержащих тиоловую группу* (рис. 2). Тиоловые соединения активно синтезируются в живых организмах при действии различных токсикантов, и их уровень может служить индикатором действия негативных факторов.

В растениях без внесения  $\text{CuSO}_4$  содержание соединений с SH-группой, находилось практически на уровне контроля, а в присутствии Ц в листьях увеличилось в 3 раза по сравнению с контролем. При увеличении концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$  от 1 ПДК до 5 ПДК содержание тиоловых соединений в листьях возросло в 2 раза. Это может объясняется активной работой защитных систем, в ответ на действие токсиканта.

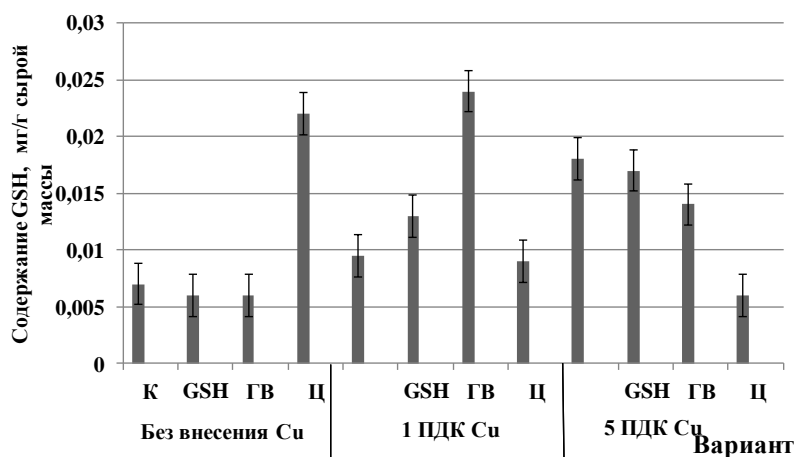


Рис. 2. Влияние металлсвязывающих агентов и  $\text{CuSO}_4$  на содержание в листьях ячменя соединений, содержащих тиоловую группу (в пересчете на GSH)

При внесении наряду с  $\text{Cu}^{2+}$  гуминовых веществ и GSH в листьях так же происходило увеличение содержания -SH соединений. В среде 1 ПДК Cu-ГВ наблюдается наибольшее увеличение их содержания. Возможно, это связано с включением гуминовых веществ и GSH в функционирование цикла GSH. При увеличении концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$  от 1 ПДК Cu-GSH до 5 ПДК Cu-GSH происходит увеличение в растениях содержания тиоловых соединений в 2 раза.

Кроме активизации защитных систем, работа которых направлена на синтез активных для связывания меди компонентов, интерес представляет изучение интенсивности ПОЛ, как одного из приоритетных показателей токсического действия  $\text{Cu}^{2+}$ .

Влияние металлсвязывающих агентов и сульфата меди(II) на синтез в листьях ячменя малонового диальдегида (МДА) (рис. 3). Для большинства вариантов характерно наибольшее содержание МДА в листьях растений по сравнению с корнями. Внесение ГВ и Ц приводило к достоверному снижению содержания МДА в листьях в 2,4 и 1,4 раза по сравнению с контролем. Внесение GSH не оказывало влияния на накопление МДА растениями.

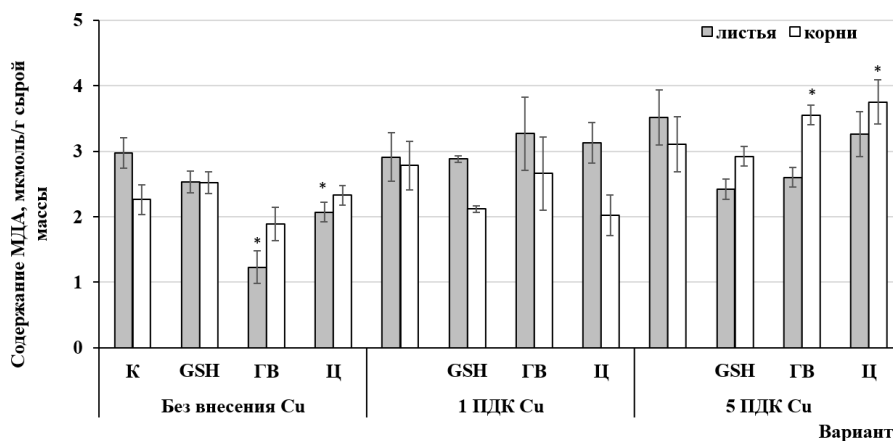


Рис. 3. Влияние металлсвязывающих агентов и  $\text{CuSO}_4$  на содержание в тканях ячменя МДА

Внесение в раствор 1 ПДК ионов  $\text{Cu}^{2+}$  не влияло на накопление МДА в листьях, однако в корнях отмечали повышение показателя на 23% по сравнению с контролем. При внесении наряду с  $\text{Cu}^{2+}$  GSH и Ц отмечали незначительное снижение содержания МДА в корнях растений. В присутствии в растворе 5 ПДК  $\text{Cu}^{2+}$  происходило увеличение содержания МДА в растениях.

В ходе модельного эксперимента с растениями ячменя сорта Новичок, установлено влияние  $\text{CuSO}_4$  и металлсвязывающих агентов на такие биохимические показатели, как накопление Cu в листьях и корнях растений, накопление МДА и соединений, содержащих тиоловые группы.

Увеличение количества внесенного  $\text{CuSO}_4$  до значений, равных 5 ПДК  $\text{Cu}^{2+}$ , в присутствии ГВ и GSH приводило к усилению биоаккумуляции металла растениями, при чем не только в корнях, но и в листьях. Что, несомненно, следует учитывать при выращивании растений в условиях гидропоники.

Повышение концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$  до 5 ПДК увеличивает содержание SH-соединений в листьях растений из-за активизации защитных механизмов растений. Внесение ГВ и GSH в качестве протекторов так же приводит к увеличению содержания в растениях SH-соединений.

Концентрация ионов  $\text{Cu}^{2+}$  1 ПДК не влияет на содержание МДА в тканях 30-суточных растений ячменя, а в присутствии 5 ПДК ионов  $\text{Cu}^{2+}$  происходит увеличение содержания МДА в растениях (особенно в листьях), что свидетельствует об усилении процессов ПОЛ. Добавка в раствор GSH и ГВ приводит к достоверному снижению уровня МДА в листьях.

Под действием исследуемых доз ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и металлсвязывающих агентов изменяется физиологический статус растения, процессы метаболизма протекают иначе, что отражается в изменении таких показателей как ПОЛ, содержание SH-соединений и меди в растениях.

### Литература

1. Кочетков А. В. Влияние длительного применения удобрений и известкования на состав комплексов тяжелых металлов с гумусовыми кислотами // Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. 2009. № 17. С. 74–78.
2. Satyabrata Sahu, Banerjee D. K. Complexation of copper (II), cadmium(II) and lead (II) with humic and fulvicacids of yamunariver sediments // Chemistry for the protection of the environment 2. 1996. №51. P. 375–387.
3. Kislenko V. N., Oliinyk L. P. Binding of copper(II), cobalt(II), and nickel(II) cations with humicacids and their sodium salts in aqueous media // Russian journal of Applied Chemistry. 2003. Vol. 76. № 12. P. 1962–1964.
4. Birch L., Bachofen R. Complexing agents from microorganisms // Experientia. 1990. Vol. 46. № 8. P. 827–834.
5. Yakimenko O. S., Gorlenko M. V., Terekhova V. A., Izosimov A. A., Pukalchik M. A. Influence of commercial humicproducts on living organisms and their detoxification ability in Cu-polluted soil in model experiment // Functions of natural organic matter in changing environment. 2013. P. 1089–1093.
6. Орлов Д. С, Триш Л. А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 272 с.

7. Лукаткин А. С., Голованова В. С. Интенсивность перекисного окисления липидов в охлажденных листьях теплолюбивых растений // Физиология растений. 1988. Т. 35. №. 4. С. 773–780.

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

9. Ellman G. L. Tissue sulfhydryl groups // Arch. Biochem. Biophys. 1959. №. 82. P. 70–81.

10. Chen Y., Stevenson F. J. Soil organic matter interactions with trace elements // The role of organic matter in modern agriculture. 1996. P. 73–116.

11. Zhongzheng Yan, Xiangli Sun Yan, Xu Qiqiong Zhang, Xiuzhen Li Accumulation and tolerance of mangroves to heavy metals: a review // Current pollution reports. 2017. Vol. 3. № 4. P. 302–317.

12. Rashid M.A. Organo-metal reactions and their geochemical significance // Geochemistry of marine humic compounds. 1985. P. 108–147.

13. Chen Y., Stevenson F. J. Soil organic matter interactions with trace elements // The role of organic matter in modern agriculture. 1996. P. 73–116.

14. Бирюков М. В., Бирюкова О. Н. Исследование взаимодействия гуминовых кислот с помощью бактериального люминесцентного теста // Вестник Московского университета. Сер. 16. Биология. 2015. № 2. С. 35–38.

## **ТРАНСЛОКАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ ПОЧВА – РАСТЕНИЕ ЯЧМЕНЯ**

*Н. В. Полушкина<sup>1</sup>, Е. В. Товстик<sup>1,2</sup>, О. Н. Шуплецова<sup>1,2</sup>, А. И. Фокина<sup>1</sup>,  
Г. И. Березин<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Вятский государственный университет, tovstik2006@inbox.ru*

*<sup>2</sup> Федеральный аграрный научный центр  
Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, olga.shuplecova@mail.ru*

В последнее время, вследствие усиления техногенного влияния, в почвах сельскохозяйственного назначения повышается содержание загрязняющих веществ, в том числе тяжёлых металлов (ТМ). В связи с этим всё большее значение приобретают методы биоремедиации загрязнённых земель. Одним из наиболее перспективных направлений совершенствования процессов биоремедиации почв, загрязнённых ТМ, является использование потенциала природных сообществ разных трофических уровней. Известно, что положительную роль в снижении содержания тяжёлых металлов в атмосфере и почве играет растительность, и, в первую очередь, травянистые растения, которые способны в процессе транслокации не только удалять загрязнители, но и способствовать восстановлению потенциального плодородия почв [1]. Однако наряду с положительными моментами, обусловленными транслокацией тяжёлых металлов из почвы в растение, имеют место и отрицательные эффекты, когда речь идет о получении растениеводческой продукции, пригодной в пищу человека.

Восстановление плодородия загрязнённых почв и вовлечение их в сельскохозяйственное производство – важная и актуальная проблема для любого промышленного региона. Решение данной проблемы целесообразно начинать

с определения механизма избирательного накопления металлов растениями. Он может быть осуществлён как за счет исключения, при котором металлы накапливаются главным образом в корневой системе, так и аккумуляции, когда ТМ накапливаются преимущественно в надземных органах растений [2]. В некоторых случаях отмечено отсутствие зависимости между содержанием металла в растениях и его содержанием в почве [3].

Цель работы – исследование транслокации свинца, меди и цинка в системе почва – растение на примере ярового ячменя различных сортов.

Для проведения исследования был выбран полевой агроценоз, расположенный в придорожной зоне в черте г. Кирова. Объектами исследования явились растения ячменя сорта «Белгородский 100», «Форвард», «Новичок». Отбор проб растений и почвы междурядий для исследования проводили в конце августа. Растения делили на части: корни, стебли, листья, зерно. После предварительной подготовки проб растений путем сухой минерализации проводили определение в них валового содержания свинца, меди и цинка методом инверсионной вольтамперометрии [4]. Для оценки степени накопления ТМ в тканях растений ячменя исследуемых сортов определяли содержание подвижных форм свинца, меди и цинка в почве на атомно-абсорбционном спектрометре «СПЕКТР-5-4», предварительно экстрагируя воздушно-сухие почвенные образцы аммонийно-ацетатным буфером (рН 4,8) [5]. Химический анализ почв, наряду с определением содержания тяжёлых металлов, включал исследование агрохимических характеристик почвы: кислотность солевой вытяжки, определяемой потенциометрическим методом [6], содержание органического вещества, определяемого по методу Тюрина в модификации ЦИНАО [7].

Коэффициент биологического накопления тяжёлых металлов в растениях определяли как отношение среднего содержания ТМ в различных органах растений ячменя к среднему содержанию ТМ в почве.

По данным химического анализа почв междурядий полевого агроценоза, величина обменной кислотности почвы составила 5,6, что соответствовало слабокислой реакции среды. Содержание органического вещества в почве составило 6,6 %.

Концентрация подвижных форм ТМ в почве не превышало ПДК и составляло для свинца  $1,76 \pm 0,14$  (ПДК=6 мг/кг), меди –  $0,160 \pm 0,013$  (ПДК=3 мг/кг), цинка –  $1,9 \pm 0,6$  мг/кг (ПДК=23 мг/кг).

Анализ содержания ТМ в растениях ячменя показал, в целом, более низкие концентрации тяжелых металлов в их тканях по сравнению с почвой. Так содержание свинца, меди и цинка в корнях растений варьировало в пределах 0,304–0,558; 0,013–0,457; 0,367–0,699 мг/кг соответственно (табл.).

Среди исследуемых сортов наибольшую способность к накоплению свинца и меди в подземной части растений, отмечали у сорта «Форвард». По содержанию цинка в корнях данный сорт, характеризовался наименьшим значением.

**Содержание и коэффициенты биологического накопления тяжелых металлов в тканях растений ярового ячменя разных сортов**

Тяжелый металл	Сорт ячменя		
	Белгородский 100	Форвард	Новичок
корни			
Свинец	$\frac{0,30 \pm 0,12}{0,17}$	$\frac{0,56 \pm 0,22}{0,32}$	$\frac{0,39 \pm 0,16}{0,22}$
Медь	$\frac{0,013 \pm 0,002}{0,08}$	$\frac{0,46 \pm 0,06}{2,86}$	$\frac{0,262 \pm 0,034}{1,64}$
Цинк	$\frac{0,44 \pm 0,07}{0,23}$	$\frac{0,37 \pm 0,06}{0,19}$	$\frac{0,70 \pm 0,11}{0,36}$
соломина			
Свинец	$\frac{0,029 \pm 0,012}{0,02}$	$\frac{0,012 \pm 0,005}{0,01}$	$\frac{0,007 \pm 0,003}{0,01}$
Медь	$\frac{0,258 \pm 0,034}{1,61}$	$\frac{0,292 \pm 0,038}{1,83}$	$\frac{0,298 \pm 0,039}{1,86}$
Цинк	$\frac{0,051 \pm 0,008}{0,03}$	$\frac{0,028 \pm 0,004}{0,01}$	$\frac{0,038 \pm 0,006}{0,02}$
листья			
Свинец	$\frac{0,14 \pm 0,06}{0,08}$	$\frac{0,078 \pm 0,031}{0,04}$	$\frac{0,060 \pm 0,024}{0,03}$
Медь	$\frac{0,036 \pm 0,005}{0,23}$	$\frac{0,49 \pm 0,06}{3,08}$	$\frac{0,199 \pm 0,026}{1,24}$
Цинк	$\frac{0,114 \pm 0,023}{0,06}$	$\frac{0,088 \pm 0,014}{0,05}$	$\frac{0,055 \pm 0,009}{0,03}$
зерно			
Свинец	$\frac{0,021 \pm 0,008}{0,01}$	$\frac{0,017 \pm 0,007}{0,01}$	$\frac{0,027 \pm 0,011}{0,04}$
Медь	$\frac{0,36 \pm 0,04}{2,28}$	$\frac{0,143 \pm 0,018}{0,89}$	$\frac{0,182 \pm 0,024}{1,14}$
Цинк	$\frac{0,245 \pm 0,032}{0,13}$	$\frac{0,34 \pm 0,05}{0,18}$	$\frac{0,23 \pm 0,04}{0,12}$

Примечание: над чертой указано содержание ТМ, мг/кг; под чертой – коэффициенты биологического накопления

Содержание свинца и цинка в стеблях растений, по сравнению с корнями, отличалось на порядок и составляло от 0,007 до 0,029 для свинца и от 0,028 до 0,051 мг/кг для цинка. Исключение составил сорт «Новичок», содержание свинца в стеблях которого, по сравнению с корнями, было на два порядка ниже. Содержание меди в стеблях, как и в случае с корнями, варьировало в пределах десятков мкг/кг.

Наибольшие коэффициенты биологического накопления свинца и цинка в стеблях растений ячменя отмечали у сорта «Белгородский 100», меди – у сорта «Новичок».

В листьях растений ячменя содержание свинца варьировало от 0,060 до 0,139, меди – от 0,036 до 0,492; цинка – от 0,055 до 0,144 мг/кг. По аккумуляции

рующей способности свинца и меди в листьях, как в случае стеблей, отличался сорт «Белгородский 100», по меди – сорт «Форвард».

Важной характеристикой качества урожая, наряду с продуктивными показателями, является содержание ТМ в зерне растений. Накопление свинца в зерне, по сравнению с корнями растений ячменя всех сортов и меди для сорта «Форвард» было на порядок ниже. При этом, наименьшим уровнем накопления свинца ( $0,017 \pm 0,007$  мг/кг) и меди ( $0,1430 \pm 0,0018$  мг/кг) в зерне характеризовался сорт «Форвард», несмотря на то, что уровень накопления этих ТМ в корнях данного сорта был наибольшим, по сравнению с другими исследуемыми сортами, и составлял  $0,56 \pm 0,22$  и  $0,46 \pm 0,06$  мг/кг соответственно. Наряду с этим уровень накопления ТМ в стеблях растений ячменя этого сорта сохранялся на уровне содержания его в корнях, что необходимо учитывать в случае его возделывания на территориях с повышенным содержанием данного металла в почве.

По содержанию цинка отмечали противоположный эффект у растений ячменя данного сорта. На фоне наименьшего ( $0,37 \pm 0,06$  мг/кг), по сравнению с другими сортами, содержания цинка в корнях растений, отмечали его наибольшее ( $0,34 \pm 0,05$  мг/кг) накопление в зерне.

Следует отметить, что корневая система растений ячменя всех исследуемых сортов задерживала поступление тяжёлых металлов в надземные органы растений. В наибольшей степени данная способность была выражена для свинца, в наименьшей – для цинка и меди. По транслокационной способности в системе почва – растения ячменя, ТМ можно расположить в ряд:  $Pb < Zn < Cu$ .

В результате проведенного исследования установлена геноспецифичность исследуемых сортов ячменя по интенсивности накопления Pb, Zn, Cu. Таким образом, необходим индивидуальный подход к выбору генотипа растения для культивирования на загрязнённых почвах, в зависимости от конкретной поставленной задачи: уменьшить риск накопления токсичного металла в растениеводческой продукции или снизить уровень его содержания в почвах сельскохозяйственного назначения.

### Литература

1. Мосунова Ю. В. Биоремедиация почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, в условиях Западного Предкавказья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар. 2009. 22 с.
2. Горбань Д. Н., Юргенсон Г. А. Свинец в системе почва – растение в ландшафте Шерловогорского горнорудного района на примере *Polygonum angustifolium* Pallas (Polygonaceae) // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. Ч. 2. С. 375–379.
3. Серегин И. В. Роль низкомолекулярных хелаторов в транспорте и аккумуляции металлов в растениях // Экспериментальная биология растений: фундаментальные и прикладные аспекты: Материалы конф. Крым, Судак. 2017. С. 14.
4. Сборник методик измерений массовой концентрации ионов меди, свинца, кадмия, цинка, висмута, марганца, никеля и кобальта методом вольтамперометрии на вольтамперометрическом анализаторе «Экотест-ВА». М.: ООО «Эконикс-Эксперт», 2004. 61 с.

5. ФР. 1.31.2007.03683. Методика выполнения измерения массовых долей металлов в пробах природных, питьевых и сточных вод атомно-абсорбционным методом. М., 2007. 13 с.

6. ГОСТ 26483-85. Приготовление солевой вытяжки и определение её рН по методу ЦИНЛО. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 5 с.

7. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Издательство стандартов, 1992. 6 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАСТЕНИЯМИ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.

*Е. В. Товстик*<sup>1</sup>, *А. Е. Липатников*<sup>1</sup>, *М. В. Зивенко*<sup>1</sup>, *Т. Я. Ашихмина*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Вятский государственный университет, tovstik2006@inbox.ru,*

<sup>2</sup>*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Проблема распространения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на территории Европейской части России, а также некоторых стран Европы в последние годы вызывает все большее опасение [1–7]. Прежде всего, это связано с угрозой биологическому разнообразию естественных экосистем, а также высокой опасностью борщевика для человека.

Эффективный контроль над распространением борщевика Сосновского, возможен только при рациональном подходе, учитывающем его эколого-биологические особенности и отношения с другими компонентами сообществ. К числу факторов, ограничивающих распространение борщевика, относят наличие микро- и мезодепрессий в агроэкосистемах; плотный стеблестой и войлок засохшей травянисто-бурьянистой растительности, затрудняющей попадание плодов на поверхность почвы; способность борщевика к самоизреживанию; загрязнение почвы некоторыми химическими веществами [8].

Среди многих техногенных загрязняющих веществ, тяжёлые металлы (ТМ) занимают особое положение, поскольку, не подвергаются физико-химической деградации в почве и способны накапливаться в её поверхностном слое. К числу ТМ относят элементы как жизненно необходимые для живых систем, но переходящие в разряд токсичных при повышении некоторых пределов их содержания в биологических объектах, так и элементы, проявляющие токсический эффект уже при относительно низких концентрациях.

Целью данной работы являлось определение содержания ТМ в системе почва – растения борщевика Сосновского.

Для исследования был выбран участок массового роста растений *H. sosnowskyi* на дерново-подзолистых почвах в Фалённом районе Кировской области (N 58°21,558' E 051°33,533'). Контролем служили образцы почв под многовидовыми луговыми сообществами, за пределами участков роста борщевика. Отбор проб почвы для химического анализа производили в летний период на глубину 0–20 см. Определение подвижных и валовых форм ТМ в почве осуществляли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Спектр-5-4» [9]. Химический анализ почв, наряду с определением содержа-



ния ТМ, включал исследование таких агрохимических характеристик почвы, как кислотность солевой вытяжки методом потенциометрии [10], содержание органического вещества методом Тюрина в модификации ЦИНАО [11].

Отбор проб растений борщевика производили одновременно с отбором проб почвы. Для химического анализа растений использовали их надземную (стебли, семена) и подземную (корни) части. После предварительной подготовки проб растений путем сухой минерализации проводили определение в них валового содержания ТМ методом атомно-абсорбционной спектроскопии [9].

В пробах почвы и растений определяли содержание пяти тяжелых металлов: Pb, Zn, Cd, Cu, Ni.

Интенсивность поглощения тяжелых металлов растениями борщевика оценивали по коэффициенту биологического поглощения (КБП). КБП рассчитывали как отношение среднего содержания ТМ в золе растений к среднему содержанию ТМ в корнеобитаемом слое почвы. По интенсивности биологического поглощения все элементы делили на группы: 1 – элементы энергичного поглощения (КБП = 10–100); 2 – сильного поглощения (КБП = 1–10); 3 – слабого поглощения и среднего захвата (КБП = 0,1–1); 4 – элементы слабого захвата (КБП = 0,01–0,1); 5 – очень слабого захвата (КБП = 0,001–0,01) [12].

По данным химического анализа почв, величина обменной кислотности почвы под моносообществами борщевика составила 4,6, в почве контрольного участка – 4,4, что соответствовало среднекислой реакции среды. Содержание органического вещества в почве составило 6,5 и 14,2 % соответственно.

При анализе проб почвы методом атомно-абсорбционной спектроскопии было установлено наличие в них ТМ. При этом содержание их валовых форм, характеризующее общую загрязненность почвы, не превышало ОДК (табл. 1).

Таблица 1

**Содержание валовых форм ТМ в почве, мг/кг**

Описание участка	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni
Моносообщества борщевика	5,74±1,43	0,180±0,054	34,50±6,24	18,65±4,29	17,49±4,89
Многовидовые луговые сообщества	6,36±1,59	0,140±0,042	34,00±14,62	18,28±4,20	17,01±4,76
ОДК	65	1	110	66	40

Почвы под моносообществами борщевика по содержанию в них валовых форм тяжелых металлов, достоверно не отличались от почв под многовидовыми луговыми сообществами. При этом элементный ряд: Zn>Cu>Ni>Pb>Cd, построенный для почв исследуемых участков, отличался от элементарного ряда ОДК: Zn>Cu>Pb>Ni>Cd, расположением никеля и свинца.

Известно, что доступность элементов для питания растений определяется их подвижными формами. Исследование содержания подвижных форм ТМ в почве исследуемых участков, не выявило их превышения относительно ПДК (табл. 2).

Почвы исследуемых участков, по содержанию в них подвижных форм тяжелых металлов, характеризовались следующим элементным рядом: Zn>Pb>Ni>Cu>Cd.

Таблица 2

**Содержание подвижных форм ТМ в почве, мг/кг**

Описание участка	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni
Моносообщества борщевика	1,03±0,26	0,070±0,021	2,60±0,86	0,15±0,04	0,365±0,153
Многовидовые луговые сообщества	1,34±0,34	0,060±0,018	3,48±1,15	0,15±0,04	0,350±0,147
ПДК	6,0	0,2	23,0	3,0	4,0

По интенсивности биологического поглощения борщевиком Сосновского, медь и цинк входили в группу элементов энергичного поглощения; кадмий, свинец и никель – сильного поглощения (табл. 3).

Таблица 3

**Коэффициент биологического поглощения ТМ борщевиком Сосновского**

	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni
Корень	5,3	17,7	9,0	71,2	8,1
Стебель	2,6	0,2	10,1	133,1	7,9
Семена	2,2	3,5	22,6	59,7	6,8

Согласно данным литературы, накопление тяжёлых металлов различными органами растений уменьшается в ряду корень > стебель > листья > соцветия. По результатам наших исследований данная зависимость сохранялась для свинца и никеля, частично для кадмия. В случае меди и цинка, данной зависимости не выявлено. В большей степени медь аккумулировалась в стеблях растений борщевика Сосновского, а цинк – в его семенах.

В целом суммарное содержание тяжёлых металлов в подземных органах растений борщевика было ниже – 43,5 мг/кг, чем в надземных органах – 51,2 мг/кг и семенах – 72,4 мг/кг. Значительный вклад в увеличение содержания ТМ в надземных органах вносили медь и цинк. Среди исследуемых тяжелых металлов, КБП меди в стеблях растений борщевика, по сравнению с другими органами, был выше на один, а в некоторых случаях и два порядка.

Таким образом, в результате проведенного исследования, установлен элементный ряд содержания валовых (Zn > Cu > Ni > Pb > Cd) и подвижных (Zn > Pb > Ni > Cu > Cd) форм тяжелых металлов в почвах под моносообществами борщевика, который не отличался от почв под другими многовидовыми луговыми сообществами. Выявлено, что подземные части растений борщевика накапливают тяжелые металлы в большей степени, чем надземные, за исключением цинка и меди, что отражается на суммарном поглощении тяжелых металлов растениями. По интенсивности биологического поглощения, кадмий, свинец и никель относятся к элементам сильного поглощения и аккумулируются преимущественно в корнях растений. Медь и цинк входят в

группу элементов энергичного поглощения и в наибольшей степени аккумулируются в надземных органах: стеблях и семенах растений борщевика.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых учёных – кандидатов наук (МК-2880.2018.5).*

### Литература

1. Sołtysiak J., Brej T., Tomczyk M. Invasion of the Sosnowsky hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) in Siechnice commune (South-western Poland) and prospects of its eradication // *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu - Biologia i Hodowla Zwierząt*. 2015. V. 78. № 610. P. 73–86.

2. Chadin I., Dalke I., Zakhozhiy I., Malyshev R., Madi E., Kuzivanova O., Kirillov D., Elsakov V. Distribution of the invasive plant species *Heracleum sosnowskyi* Manden. in the Komi Republic (Russia) // *PhytoKeys*. 2017. № 77. P. 71–80.

3. Stojanović V., Petrović S., Kovačević J., Stojanović D., Vjedov I. *Heracleum sosnowskyi* Manden. (Apiaceae): A new invasive species in the flora of Serbia // *Glasnik Šumarskog fakulteta*. 2017. № 116. P. 215–220.

4. Озерова Н. А., Широкова В. А., Кривошеина М. Г., Петросян В. Г. Пространственное распределение борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) в долинах больших и средних рек восточно-европейской равнины (по материалам экспедиционных исследований 2008–2016 гг.) // *Российский журнал биологических инвазий*. 2017. № 3. С. 38–63.

5. Баранова О. Г., Брэлгина Е. Н. Инвазивные виды растений в трех городах Удмуртской Республики // *Российский журнал биологических инвазий*. 2015. № 4. С. 14–21.

6. Boršić I., Borovečki-Voska L., Kutleša P., Šemnički P. New localities of *Heracleum mantegazzianum* Sommier et Levier (Apiaceae) in Croatia and control measures taken // *Periodicum biologorum*. 2015. V. 117. №. 3. P. 449–452.

7. Панасенко Н. Н., Харин А. В., Ивенкова И. М., Зайцев С. А. Распространение инвазионных видов растений на территории Брянской области: *Heracleum sosnowskyi* // *Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований*. 2014. № 1 (5). С. 48–50.

8. Кондратьев М. Н., Бударин С. Н., Ларилова Ю. С. Физиолого-экологические механизмы инвазивного проникновения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в неиспользуемые агроэкосистемы // *Известия ТСХА*. 2015. № 2. С. 36–49.

9. ФР.1.31.2007.03683. Методика выполнения измерений массовых долей токсичных металлов в пробах природных, питьевых и сточных вод атомно-абсорбционным методом. М., 2007. 13 с.

10. ГОСТ 26483-85. Приготовление солевой вытяжки и определение её рН по методу ЦИНАО. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 5 с.

11. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Изд-во стандартов, 1992. 6 с.

12. Ковалевский А. Л. Биогеохимия растений. Новосибирск: Наука: Сиб. отд-ние, 1991. 294 с.

## РАСТЕНИЯ – АККУМУЛЯТОРЫ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

С. А. Бекузарова<sup>1</sup>, Т. А. Дулаев<sup>2</sup>, И. А. Датиева<sup>1</sup>, А. И. Албегов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Северо-Кавказский НИИ Горного и предгорного сельского хозяйства ВНИЦ РАН,

<sup>2</sup> Горский Государственный Аграрный университет

Одна из серьезных глобальных проблем – загрязнение почвенного покрова нефтью и нефтепродуктами. Решение проблемы очистки почвенного покрова от загрязнений нефтью, разработка новых и совершенствование существующих технологий, восстановление почвенного плодородия – относятся к числу приоритетных.

Наиболее характерными загрязнителями окружающей среды являются углеводороды (44,9% от суммарного выброса), оксид углерода (47,4%) и различные твердые вещества (4,3%).

Наблюдаемые в мире нефтяные загрязнения являются одними из основных, а порой и доминирующими антропогенными факторами комплексного характера, которые отрицательно воздействуют на все компоненты биосферы. Примерно половина их попадает в почвы и подземные воды, другая половина загрязняет поверхностный сток и акватории. По степени отрицательного влияния на экосистемы нефть, нефтепродукты и нефтесодержащие отходы занимают второе место после радиоактивного загрязнения. В России около 800 тыс. га нефтезагрязненных земель, нуждающихся в восстановлении [1]. Попадая в почву, нефть оказывает существенное влияние на биологическую активность почв и как следствие, на рост и развитие растений [2]. На зараженных нефтью площадях изменяются микробиологические параметры почвы. Загрязнение участков нефтью в концентрации 1% снижает всхожесть семян и энергию их прорастания. При 8% загрязнения гибель семян достигает практически 100% [3].

Известно, что дополнительное внесение органического удобрения увеличивает количество микроорганизмов в почве. Распространены данные, когда нефтезагрязненные почвы оздоравливают путем внесения цеолитсодержащих глин, листового опада и биопрепаратов [4].

Однако, в известных методах отсутствуют сведения об адаптации отдельных видов растений, обладающих сорбционной способностью.

В отличие от применяемых приемов оздоровление загрязненных нефтью почв, нами предложен новый метод, в котором высевают семена растений рыжика озимого в количестве 2 кг/га и клевера однолетнего александрийского – 10 кг/га.

Перед посевом смесь семян обволакивают измельченной глиной Аланит из расчета 36 кг/га. Перед употреблением глины смачивают минеральной водой «Кармадон» местного происхождения, в котором растворяют биопрепарат Никфан в концентрации 0,3% (45 г на 15 литров минеральной воды). Смешанные семена со стимуляторами высевали травяной сеялкой СЗТ – 3.6.

В фазу бутонизации клевера биомассу обеих культур скашивали и запахивали в почву для дальнейшей минерализации.

Цеолитсодержащая глина Аланит местного происхождения (Республика Северная Осетия-Алания, Моздокский район) содержит (%): кремний 51–53, алюминий 16–17, железо 5–6, кальций 30–33, с реакцией среды рН 8,1. Количество Аланита для обволакивания семян (в соотношении 3:1) обосновано его химическим составом и увеличением мелких семян при посеве. Смешивание с увлажненной глиной минеральной водой и последующим высушиванием увеличивает объем семян для нормальной сыпучести сеялки.

Минеральная вода Кармадон (происхождение Республика Северная Осетия-Алания, высота 1600 м. над уровнем моря) содержит (мг/л): анионы  $\text{HCO}_3^-$  400–800;  $\text{SO}_4^{2-}$  < 25;  $\text{Cl}^-$  1000–1800; катионы  $\text{Ca}^{2+}$  < 100;  $\text{Mg}^{2+}$  < 25;  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - 700-1100$ ;  $\text{H}_3\text{BO}_3 - 80-200$ ;  $\text{J}^- - 0,9$ .

Главным компонентом минеральной воды Кармадон является бор, который является стимулятором азотфиксации высеваемого клевера александрийского. Бор способствует усвоению антиоксидантов, содержащегося в семенах рыжика озимого и цеолитсодержащей глины Аланит. Важным компонентом минеральной воды является йод, который способствует усвоению питательных веществ и ускорению обмена веществ не только высеянных растений, но и микрофлоры в почве.

За счет образования биологического азота в почве, созданным клубеньковыми бактериями клевера александрийского, лучше развиваются растения рыжика озимого.

Клевер александрийский – однолетний вид – значительно улучшает почву, обогащает ее биологическим азотом. Помимо этого, корни этого вида, проникают глубоко в почву до 2 м, благодаря чему облегчается дренаж и увеличивается влагоемкость. Высота растений достигает 60 см, обеспечивая большую биомассу ( в пределах 40 т/га).

Обоснование соотношения посева двух видов трав 1:5 объясняется их оптимальной нормой высева на гектар сплошным способом.

Новый биопрепарат Никфан (Госрегистрация: 1692-09-208-370-0-0-0-1) создан на основе микроорганизмов, обитающих на корнях растений облепихи, обладающих комплексом ростостимулирующего действия, снижает заболеваемость растений, повышает их устойчивость к антистрессовым факторам.

Биопрепарат повышает численность микроорганизмов, обеспечивающих снижение токсических веществ в почве, увеличивает новогумусообразование в 2–3 раза. Также он снижает численность олиготрофных организмов, разлагающих гумус почвы в 2–4 раза.

Результаты опытов показали, что посева культур рыжика озимого и клевера в смеси с цеолитсодержащей глиной Аланит и биопрепаратом Никфан снижают количество углеводов на  $1 \text{ м}^2$  с 2100 до 312 кг, а количество нефтезагрязненных веществ резко падает с 10 до 78,4 %. В предлагаемом варианте концентрация имеющихся в почве нефтезагрязненных веществ также снижается с 62 г/кг до 13,4 г/кг (табл.).

**Влияние фитоиндикаторов на снижение нефтепродуктов в почве**

Вариант опыта	Концентрация нефтезагрязненных веществ, г/кг	Снижение нефтезагрязненных веществ, %	Углеводороды, кг/м <sup>2</sup>
контроль (без посева трав)	62,0	–	–
посев рыжика озимого + клевер в соотношении 1:3	56,0	10,0	210,0
посев рыжика + клевер в соотношении 2:5	42,5	31,1	184,6
посев рыжика озимого и клевера + обволакивание семян глиной Аланит	38,6	37,8	162,8
посев рыжика озимого клевер + глина + вода Кармадон	28,2	55,5	121,5
посев рыжика озимого+ клевер + биопрепарат Никфан	19,6	68,4	83,4
Посев рыжика озимого + клевер + глина Аланит + биопрепарат Никфан + вода Кармадон	13,4	78,4	31,2

Используя природные источники цеолитсодержащую глину и минеральную воду Кармадон, можно сократить затраты на реализацию нового агроприема.

Обволакивание таким составом семян аккумулирующих культур рыжика озимого и клевера александрийского обеспечивает снижение нефтепродуктов за один сезон до предельно допустимых концентраций.

**Литература**

1. Андерсен Р. К., Мукатов А. Х., Бойко Т.Ф. Экологические последствия загрязнения почв нефтью // Экология. № 2. М., 1980. С. 256–263.
2. Бурлака В. А., Щинксовимс М. Ю. Способ восстановления плодородия земель, загрязненных нефтью ООО «Экопром» // Экология и промышленность России. М., 2003. С 12–13.
3. Житин Ю. И., Лишук Т. Н., Рейимгылыжова И. С. Приемы детоксикации нефти и нефтепродуктов в агроценозах // Агроэкологический вестник. Вып. 7. Воронеж, 2016. С. 267–273.
4. Заалишвили В. Б., Бекузарова С. А., Мажиев Х. Н. и др. Изобретение «Способ мелиорации нефтезагрязненных земель». Патент № 2481162. опубликован. 10.05.2013. МПК: В09С1/00, В09С1/10, А01В79/02.

## **RUBUS SAXATILIS L. НА ЗОЛОТВАЛЕ ВЕРХНЕТАГИЛЬСКОЙ ГРЭС**

**М. А. Глазырина, Е. И. Филимонова, Е. Н. Перевозчикова, Н. В. Лукина**  
*Уральский федеральный университет, Margarita.Glazyrina@urfu.ru*

Увеличение доли нарушенных и загрязненных человеком природных экосистем, в результате которых происходит сокращение биологического разнообразия, является одной из главных проблем в настоящее время. Урал с его продолжительной историей и большой масштабностью промышленной деятельности является местом значительного загрязнения природных ландшафтов. В ходе работы тепловых электростанций, использующих в качестве сырья высокозольные угли, образуются золоотвалы. На данных отвалах после прекращения слива золы проводится биологическая рекультивация. Знания о потенциале видов растений, способных произрастать на техногенных объектах, в дальнейшем могут быть использованы для наиболее эффективного восстановления растительного покрова нарушенных территорий.

Район исследования расположен в умеренно-континентальной бореальной климатической зоне. Преобладающие почвы района подзолистые и дерново-подзолистые. Это типичный лесной район, относящийся к южно-таежному округу Среднеуральской низкогорной провинции. Здесь преобладают южно-таежные темнохвойные леса и производные от них хвойно-лиственные, березовые и отчасти осиновые. Золоотвал Верхнетагильской государственной районной электростанции (ВТГРЭС) расположен в 5 км от г. Верхний Тагил (Свердловская обл.). Площадь золоотвала 125 га, высота дамб от 0 до 25 м. Субстрат золоотвала представлен золой бурого угля Коркинского разреза и Калачевских шахт (Челябинский бурогольный бассейн). Характеристика золы приведены ранее [1].

Подача пульпы на золоотвал была прекращена в 1965 г. При биологической рекультивации ставилась задача быстрой консервации золоотвала с целью прекращения дефляции золы. Для создания на золоотвале растительного покрова санитарно-гигиенического назначения с частичным хозяйственным использованием, применялось полосное нанесение слоя глинистого грунта толщиной 10–15 см и шириной 6–10 м с ориентацией полос поперек господствующего направления ветров. Большинство полос было засеяно многолетними травами (злаковыми и бобовыми), часть отвала была оставлена под самозарастание. В результате проведенных работ образовался разнообразный спектр экотопов, включающий: участки нерекультивированной территории на «чистой» золе и рекультивированные территории с полосным нанесением грунта [1]. При формировании лесных фитоценозов на золоотвале, поселяются лесные, вегетативно-подвижные виды, такие как *Fragaria vesca* L. и *Rubus saxatilis* L. (сем. Rosaceae Juss.). Первые особи *R. saxatilis* начинают поселяться в 8-летнем растительном сообществе на рекультивированном участке, на начальном этапе формирования лесного фитоценоза.

Целью данной работы являлось изучение пространственной и возрастной структур ценопопуляций, а также морфофизиологических параметров и микоризы корней особей *R. saxatilis*, произрастающих на золоотвале ВТГРЭС (ЦП<sub>1</sub> и ЦП<sub>2</sub>) и в естественном фитоценозе (ЦПк). *R. saxatilis* – наземно-ползучее короткокорневищное многолетнее травянистое растение либо полукустарничек. Бореальный евроазиатский вид.

Исследования проводили в июле 2016 г. Территорию обследовали детально-маршрутным методом. Для изучения структуры ЦП *R. saxatilis* в изучаемых сообществах было заложено по 24 раункиеровских площадки ( $S=0,25 \text{ м}^2$ ). Растения *R. saxatilis* выкапывали и гербаризировали для дальнейших исследований. Особи разбирали по возрастным состояниям и взвешивали в воздушно сухом состоянии на весах ВЛГЭ-210Т(В) с точностью 0,01. Определяли индексы возрастности ( $\Delta$ ) [2] и эффективности ( $\omega$ ) [3] ЦП. Морфологический анализ особей каждого возрастного состояния проводили по следующим признакам: высота особи (см), число листьев (шт.), длина надземных столонов (см), длина черешка листа (мм), масса надземной и подземной частей (г); параметры листового аппарата – площадь средней доли листа ( $\text{см}^2$ ), число устьиц (шт./ $\text{мм}^2$ ), толщина листа, мезофилла, эпидермиса (мкм). Площадь средней доли листа определяли весовым методом [4], число устьиц – по методу подсчета на пленке лака [5]. Для изучения микоризы были отобраны корни 15 особей *R. saxatilis* в каждой ценопопуляции, которые затем были обработаны по стандартной методике: мацерация в 15%-ом КОН с последующей окраской анилиновой синью [6]. Собранный материал обработан стандартными методами математической статистики. Для обработки полученных данных использовали программные пакеты MS Office (Excel) и Statistica 6.0. Значимость различий оценивали по критерию Манна-Уитни при уровне значимости  $p < 5\%$ .

Исследования ЦП проводили в следующих растительных сообществах:

1) ЦП<sub>1</sub> *R. saxatilis* произрастает в мелколиственном лесном фитоценозе, формирующемся на нерекультивированном участке золоотвала, в краевой (опушечной) зоне, на которую частично попадает грунт с расположенного рядом рекультивированного участка золоотвала. Возраст растительного сообщества около 35 лет. В верхнем древесном ярусе доминируют мелколиственные породы: *Populus tremula* L. (cop<sub>2</sub>), *Betula pendula* Roth (cop<sub>2</sub>) и *B. pubescens* Ehrh. (cop<sub>1</sub>). Высота древостоя 10–20 м. Сомкнутость крон древесных видов 60–70%. Хвойные породы, образующие нижний подполог – *Pinus sylvestris* L., *Picea obovata* Ledeb. Кустарниковый ярус сложен *Salix caprea* L. и *S. cinerea* L. (sol), *S. myrsinifolia* Salisb. и *S. pentandra* L., *Sorbus aucuparia* L., *Viburnum opulus* L., *Padus avium* Mill., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wołoszcz.) Klaskova, *Rosa acicularis* Lindl., высота которых варьирует от 0,7–0,8 м до 3,5 м (ОПП – 15–20%). В травяно-кустарничковом ярусе преобладают *Orthilia secunda* (L.) House (sp gr–cop<sub>1</sub>), *Pyrola rotundifolia* L. (sp gr), *P. media* Sw. (sol gr–sp), *Festuca rubra* L. (sp–cop<sub>1</sub>), *Calamagrostis epigeios* (sp), *Poa pratensis* L. (sp–cop<sub>1</sub>), *Lathyrus pratensis* L. (sp), *Vicia crac-*



ca L. (sp). ОПП травянистых составляет 25–30%. Моховой покров не развит, отдельные пятна мха приурочены к основаниям стволов деревьев. Всего на участке произрастает 90 видов, принадлежащих к 69 родам и 23 семействам. Видовое богатство составляет в среднем 5,6 видов на 0,25 м<sup>2</sup>.

2) ЦП<sub>2</sub> *R. saxatilis* произрастает в лесном фитоценозе, формирующемся в процессе самозаращения на рекультивированном участке золоотвала с полосным нанесением грунта. Возраст растительного сообщества около 45 лет. Древесный ярус сложен в основном *Betula pendula* (cop<sub>2</sub>), *Pinus sylvestris* (cop<sub>1</sub>), *Populus tremula* (sp–cop<sub>1</sub>) и *Picea obovata* (sp gr). Сомкнутость крон древесных видов 60–80%. В подросте встречаются *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Populus tremula* и *Pinus sylvestris*. Кустарниковый ярус представлен *Sorbus aucuparia*, *Chamaecytisus ruthenicus* и *Salix myrsinifolia* (ОПП 10–15%). Формируется травяно-кустарничковый ярус с участием *Pyrola rotundifolia* (sp gr–cop<sub>1</sub>), *Orthilia secunda* (cop<sub>1</sub> gr), *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton (sol gr), доминируют виды *Lathyrus pratensis* (cop<sub>1</sub>), *Fragaria vesca* (cop<sub>1</sub>), *Festuca rubra* (sp–cop<sub>1</sub>), *Amoria repens* (L.) C. Presl (sp–cop<sub>1</sub>). ОПП травянистого яруса 30–35%. ОПП мохово-лишайникового покрова находится в пределах от 10–30%. Мох произрастает преимущественно у стволов. На участке встречено 116 видов (из 82 родов и 28 семейств). Видовое богатство растительного сообщества в среднем 6,1 видов на 0,25 м<sup>2</sup>.

3) ЦПк (контроль) *R. saxatilis* произрастает в естественном лесном фитоценозе (в 5 км от г. Верхний Тагил). Возраст растительного сообщества 100–120 лет. Сомкнутость крон древесных видов 60–70%. Преобладают *Pinus sylvestris* (cop<sub>2</sub>), *Picea obovata* (cop<sub>1</sub>) и *Abies sibirica* Ledeb. (cop<sub>1</sub>), *Betula pendula* (sp gr). ОПП кустарникового яруса составляет 10–15%, он представлен, преимущественно, *Rosa acicularis* (sp), *Rubus idaeus* L. (sp), *Juniperus communis* L. (sol). В травяно-кустарничковом ярусе широко распространены группировки (синузии) ягодных кустарничков *Vaccinium myrtillis* L. (sp gr–cop<sub>1</sub>), *V. vitis-idaea* L. (sol gr–sp) и полукустарничков – *Orthilia secunda* (sp–cop<sub>1</sub>), *Pyrola media* (sp), *Linnaea borealis* L. (sol gr). Из травянистых видов преобладают *Calamagrostis arundinaceae* (L.) Roth (cop<sub>2</sub>), *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv. (sp–cop<sub>1</sub>), *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt (sp gr), *Potentilla erecta* (L.) Raeusch. (sp gr), *Rubus saxatilis* L. (sp gr), *Veronica officinalis* L. (sol gr–sp). ОПП травяно-кустарничкового яруса составляет 40–55%. Моховое покрытие до 40 %. На рассмотренном участке произрастает 43 вида (36 родов, 20 семейств). Видовое богатство растительного сообщества обследованной территории в среднем составляет 7,6 видов.

Коэффициент сходства (Жаккара) фитоценозов золоотвала ВТГРЭС составляет  $K_j=0,62$ ; сообществ золоотвала и контрольного сообщества  $K_j=0,28$ .

Исследования показали, что все ЦП *R. saxatilis* имеют групповой тип распределения особей в пространстве ( $S^2/m$  составило 1,5; 6,2 и 3,2 соответственно). Плотность особей данного вида во всех местообитаниях невысокая (табл. 1). Наименьшая плотность наблюдается на зольном субстрате со следами глинистого грунта. В изученных местообитаниях преобладает моноцен-

трический тип биоморфы *R. saxatilis* (табл. 1). Все изученные ЦП *R. saxatilis* являются нормальными неполночленными (рис.). Анализ индексов возрастности ( $\Delta$ ) и эффективности ( $\omega$ ) показал, что все ЦП являются молодыми (табл. 1). Доля прегенеративных особей выше доли генеративных. При примерно равном числе розеток на растение (в среднем ЦП<sub>1</sub> – 1,6±0,3; ЦП<sub>2</sub> – 1,1±0,1; ЦПк – 1,1±0,1), надземные столоны у растений с нарушенных местообитаний более чем в 2,5 раза длиннее, чем у растений из контрольного местообитания (ЦП<sub>1</sub> – 133,9±34,2; ЦП<sub>2</sub> – 125,2±27,3; ЦПк – 50,3±14,8).

Таблица 1

**Характеристика ценопопуляций *Rubus saxatilis***

Местонахождение	Плотность, особей/0,25 м <sup>2</sup>		Тип биоморфы				Индексы	
	X <sub>ср.</sub> ±m <sub>x</sub>	lim	I**	II	III	IV	$\Delta$	$\omega$
ЦП <sub>1</sub> *	0,79±0,23	1–4	60	0	13	27	0,08	0,29
ЦП <sub>2</sub>	2,79±0,85	2–14	89	3	6	3	0,18	0,48
ЦПк	2,5±0,58	1–9	74	2	21	3	0,16	0,44

Примечание: \* ЦП<sub>1</sub> (мелколиственный лесной фитоценоз на золоотвале ВТГРЭС), ЦП<sub>2</sub> (лесной фитоценоз на полосах грунта на золоотвале ВТГРЭС), ЦПк (естественное лесное насаждение); \*\* Тип биоморфы: I – моноцентрическая, II – переходная, III – неявно-полицентрическая, IV – явнополицентрическая.

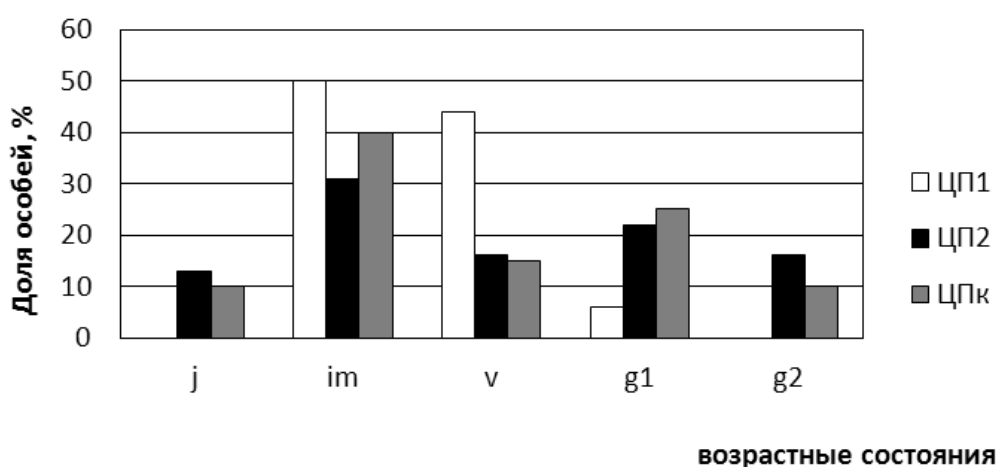


Рис. Возрастные спектры ценопопуляций *Rubus saxatilis*

Достоверных отличий биометрических параметров особей *R. saxatilis* исследуемых ЦП не выявлено. Коэффициенты вариации биометрических параметров особей всех возрастных состояний изменяются от средних до высоких величин. Толщина листа (мкм) и мезофилла (мкм) у *R. saxatilis* незначительно уменьшаются в ряду: ЦП<sub>2</sub> (160,0±3,5) – ЦПк (151,1±3,1) – ЦП<sub>1</sub> (144,0±5,0), что может быть связано с характером субстрата и условиями освещенности. Так на золоотвале ВТГРЭС ЦП<sub>2</sub> произрастает на полосах с нанесенным грунтом, а ЦП<sub>1</sub> – в краевой (опушечной) зоне, на которую попадает грунт с расположенного рядом рекультивированного участка золоотвала. Устьица у *R. saxatilis* располагаются только на нижней стороне листа.

Наибольшее число устьиц (шт./мм<sup>2</sup>) наблюдается у растений *R. saxatilis* в сообществах золоотвала (ЦП<sub>1</sub> – 109,5±2,28; ЦП<sub>2</sub> – 129,6±1,21), что вероятно связано с лучшими условиями освещения, по сравнению с естественным лесонасаждением (ЦПк – 97,8±1,23). Увеличение толщины листьев и числа устьиц может происходить под воздействием техногенных эмиссий и изменения освещенности растений [7].

На нарушенных промышленностью землях, характеризующихся низким содержанием доступных для растений питательных веществ (особенно фосфора и азота), микоризные растения имеют преимущества перед немикоризными. В корнях растений *R. saxatilis* во всех исследованных растительных сообществах обнаружена арбускулярная микориза. Существенных отличий в микоризации корней *R. saxatilis* между контрольным местообитанием и сообществами золоотвала ВТГРЭС не выявлено (табл. 2). Все особи *R. saxatilis* являются среднемикотрофными [6].

Таблица 2

**Показатели микоризы *Rubus saxatilis***

Показатель	ЦП <sub>1</sub>	ЦП <sub>2</sub>	ЦПк
Частота встречаемости микоризной инфекции, %	85,0	70,0	86,7
Интенсивность микоризной инфекции, %	45,4	48,4	39,3
Степень микотрофности, баллы	2,3	2,4	2,0

Проведенные исследования показали, что *R. saxatilis* поселяется на рекультивированных участках золоотвала ВТГРЭС на начальных этапах формирования лесных фитоценозов. На «чистой» золе поселение *R. saxatilis* не зафиксировано. Исследованные ЦП имеют групповой тип распределения особей в пространстве. По возрастной структуре они относятся к нормальным неполночленным, молодым. Преобладающий тип биоморфы у *R. saxatilis* в исследованных сообществах – моноцентрическая. Достоверных отличий биометрических параметров особей и микоризации корней *R. saxatilis* в ЦП с золоотвала и в контроле не выявлено.

*Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения государственного задания УрФУ № 6.7696.2017/БЧ.*

**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. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Науч. докл. высш. школы. Биол. науки. 1975. № 2. С. 7–34.
3. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.
4. Мустафина В. В. Способ оценки площади листовой поверхности плодового дерева // Новости науки Казахстана. 2010. № 1. С. 122–127.

5. Определение мезоструктурных характеристик фотосинтетического аппарата растений: Руководство к лабораторным занятиям большого спецпрактикума по физиологии и биохимии растений / сост. Р. А. Борзенкова, Е. В. Храмцова. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2006. 26 с.

6. Селиванов И. А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 232 с.

7. Хан Л. В., Астафурова Т. П. Морфофункциональные адаптации хвойных деревьев к условиям городской среды // Актуальные вопросы экологической физиологии растений в XXI веке: Материалы Междунар. конф. Сыктывкар, 2001. С. 245.

**ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО ФОСФОРА  
В ЛИШАЙНИКЕ *HYROGYMNIA PHYSODES* (L.) NYL.  
В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ  
В пос. МИРНЫЙ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*И. Д. Степанова<sup>1</sup>, С. Ю. Огородникова<sup>1,2</sup>, Е. А. Домнина<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет,*

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

*Stepanova\_Irina\_vggu@mail.ru, ecolab2@gmail.com*

На протяжении тысячелетий, с тех пор как люди научились добывать сырье и начали заниматься производством различных продуктов быта и химических веществ, стал возникать вопрос о влиянии деятельности человека на окружающую среду. С каждым годом человек увеличивает свои технические возможности, усиливает вмешательство в природу, забывая о поддержании баланса между природой и человеком [1].

В пос. Мирный Кировской области в 2016 г. прекратил свое функционирование объект по уничтожению химического оружия (ОУХО). На нем в процессе деструкции отравляющих веществ образовывались различные мышьяк-, серо-, азот-, фтор-, хлор-, фосфорсодержащие загрязняющие вещества, которые могли поступать в окружающую среду [2].

Фосфор является одним из важнейших биогенных элементов, но в почве, в доступном виде, его количество не велико, поэтому для всех растительных организмов фосфор является дефицитным [3].

Лишайники резко реагируют на изменения химического состава почвы и воздуха, именно поэтому ученые используют их как биологические индикаторы загрязнения [4–6].

Целью работы было определение содержания общего фосфора в талломах лишайника *Hyrogymnia physodes* (L.) Nyl. в районе ОУХО в пос. Мирный Оричевского района Кировской области.

В конце июля 2017 г. в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий ОУХО с участков соснового леса были отобраны пробы эпифитного лишайника *H. physodes*. Фоновый участок (112) находится на удалении 9 км от объекта, остальные 8 участков расположены в разных направлениях на удалении 1–3 км.

Содержание общего фосфора в талломах лишайников определяли фотометрическим методом, суть которого заключается в минерализации пробы способом сухого озоления с образованием солей ортофосфорной кислоты и последующим фотометрическим определением фосфора в виде окрашенного в желтый цвет соединения – гетерополикислоты, образующегося в кислой среде в присутствии ванадат- и молибдат ионов [7].

Анализ полученных результатов свидетельствует, что на участках 4 и 9 обнаружено превышение содержания фосфора в талломах лишайника в 1,5 – 2 раза по сравнению с фоновым (рис.). Эти участки находятся вблизи объекта в юго-западном и северо-восточном направлениях (направлениях преобладающих ветров). На участках 30 и 47 содержание общего фосфора статистически не отличается от контрольного значения, вероятно из-за того, что они находятся с подветренной от объекта стороны. В талломах лишайника *H. physodes* на остальных пробных площадках изучаемый показатель превышает фоновое значение на 27–34%.

Лишайники – организмы с замедленным протеканием физиологических процессов. Можно предположить, что соединения фосфора, поглощенные ими в период деятельности ОУХО, используются и по настоящее время.

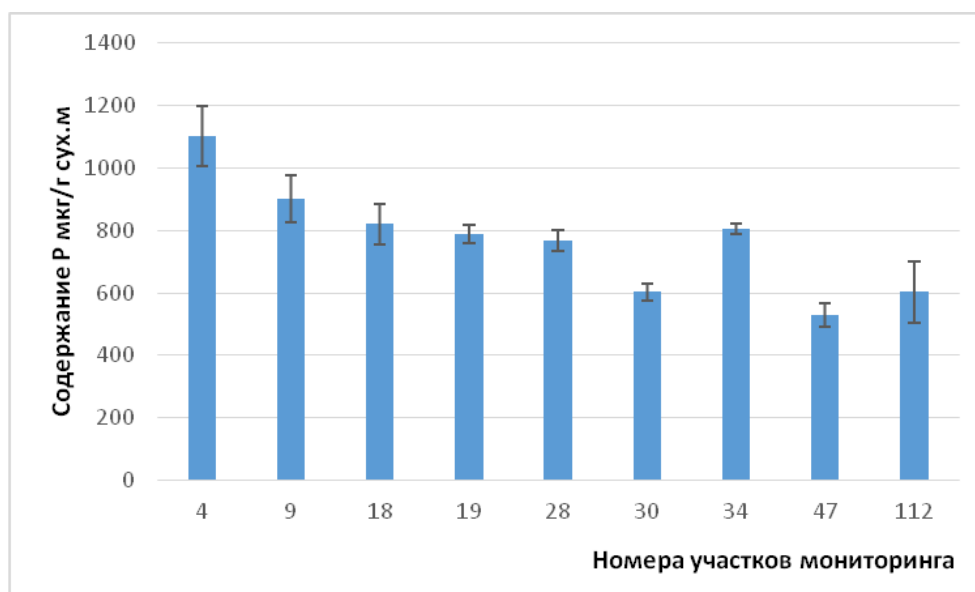


Рис. Содержание общего фосфора в лишайнике *Hurogymnia physodes* (L.) Nyl. на участках мониторинга в 2017 г.

Таким образом, было изучено содержание общего фосфора в талломах лишайника *H. physodes* в районе ОУХО, прекратившего в 2016 г. свою деятельность по уничтожению отравляющих веществ. Отмечено повышенное содержание этого элемента по сравнению с фоновыми значениями.

Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.

### Литература

1. Коробкин В. И., Передельский Л. В. Экология. Ростов на Дону: Феникс, 2001. 576 с.
2. Ашихмина Т. Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.
3. Калинин А. И. Агрохимические свойства дерново-подзолистых почв и продуктивность растений. Киров, 2004. 220 с.
4. Федоров А. А. Жизнь растений / Под ред. М. М. Голлербаха, А. А. Федорова. Т. 3. М.: Просвещение, 1977. С. 379–433.
5. Лебедев С. И. Физиология растений. М.: Колос, 1982. 249 с.
6. Ашихмина, Т. Я. Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий. Киров: О-Краткое, 2008. 336 с.
7. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. 1997. 11 с.

## СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

### УХТИНСКАЯ ФАУНА БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA, RHOPALOCERA): 70 ЛЕТ НАБЛЮДЕНИЙ

*О. И. Кулакова, А. Г. Татаринов*

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

В последние десятилетия в зоогеографических работах все большее распространение получает метод локальных фаун, который позволяет получить более детальную и объективную картину пространственного изменения состава и структуры животного мира. При выявлении закономерностей распространения булавоусых, или дневных чешуекрылых он применяется достаточно широко, однако, изученность локальных фаун сильно отличается – от сборов одного полевого сезона в неблагоприятных погодных условиях до многолетних мониторинговых наблюдений, и это обстоятельство, конечно, не может не отражаться на результатах сравнительно-фаунистических исследований.

К настоящему времени на территории европейского Северо-Востока России получены материалы по булавоусых чешуекрылым из 185 локалитетов. Ухтинская локальная фауна в этом списке является одной из наиболее изученных и самых богатых. Здесь зарегистрировано 78 видов из шести семейств (табл.), что составляет почти 57% региональной фауны Rhopalocera [1]. Кроме того, лепидоптерологические исследования в окрестностях г. Ухты имеют самую длительную историю в Республике Коми: период непрерывных эколого-фаунистических наблюдений за чешуекрылыми здесь превышает 70 лет. Начало им положил в 1946 г. К. Ф. Седых. Созданные им за шесть десятилетий коллекции, публикации, рукописи и дневниковые записи были нами критично проанализированы и обобщены с материалами собственных исследований, которые ведутся с 1982 г. [1, 2, 3]. Это позволило дать экспертную оценку многолетней представленности видов булавоусых чешуекрылых в данном локалитете на основе их обилия, встречаемости и полнотности. Для формализации результатов оценки использовалась простая пятибалльная шкала: 1 – единичные находки вида в течение всего периода наблюдений, 2 – очень малочисленный, спорадически (не каждый год и не во всех характерных для него местообитаниях) встречающийся вид, 3 – немногочисленный, но регулярно встречающийся вид в свойственных ему биотопах, 4 – повсеместно обычный вид с незначительными колебаниями численности и встречаемости в разные годы, 5 – вид, стабильно многочисленный и заселяющий все харак-

терные для него типы местообитаний на протяжении всего периода наблюдений.

Уровень видового богатства ухтинской локальной фауны *Rhopalocera* за семь десятилетий заметно вырос. К 1962 г. здесь был достоверно зарегистрирован 51 вид [4]. Не удалось подтвердить информацию о находках чернушки *Erebia disa* (Thnb.) и толстоголовок *Pyrgus carthami* (Hbn.), *P. serratulae* (Ramb.), поэтому они не были включены в наш список. В сводке 1974 г. [5] приводится уже 64 вида, а к 2016 г. этот показатель вырос еще на 14 единиц [1]. Конечно, увеличение числа видов объясняется детализацией обследования территории, выявлением тонких особенностей ландшафтно-биотопического размещения чешуекрылых. Это позволило обнаружить очень редкие и единично встречающиеся виды, у которых в районе исследований находится периферическое кружево ареала с малочисленными локальными популяциями или популяционными эксклавами. К таковым мы относим, парусника *D. mnemosyne*, голубянок *F. pruni*, *L. phlaeas*, *C. minimus*, *C. alcetas*, пеструшку *N. rivularis*, перламутровок *C. angarensis*, *C. thore*, буроглазку *L. maera*, толстоголовку *P. alveus*. Белянки *L. morsei*, *L. juvernica*, шашечница *E. ichnea*, толстоголовка *P. centaureae*, возможно, не были сразу выявлены из-за сложностей с их идентификацией.

Есть мнение, что многолетние наблюдения пополняют фаунистические списки в основном за счет случайных заносов и сезонных мигрантов [6]. Однако практически все представители данной категории – белянки *P. daplidice*, *C. hyale*, нимфалиды *Issoria lathonia*, *Vanessa atalanta*, *V. cardui* – регистрировались уже в первые годы исследований. На наш взгляд, основным фактором, повлиявшим на увеличение числа видов булавоусых чешуекрылых в окрестностях г. Ухты, является расширение сети агроценозов, рудеральных участков и прочих антропогенно трансформированных сообществ. Самое большое влияние на это оказало развитие комплекса линейных хозяйственных сооружений, в состав которого входят ж.-д. магистраль, нефте-, газопроводы, ЛЭП, междугородние автомобильные трассы. Аналогично речным долинам они выполняют функцию квазиприродных коридоров, по которым бабочки расселяются из других, главным образом южных областей. Именно таким путем в последние два-три десятилетия широты г. Ухты достигли голубянка *G. alexis*, нимфалиды *L. populi*, *A. raphia*, сатириды *C. glycerion*, *M. jurtina*, толстоголовка *Th. sylvestris*.

По результатам оценки можно заключить, что численность многих видов булавоусых чешуекрылых в течение периода наблюдений также заметно изменялась. Неизменно многочисленными и часто встречающимися в окрестностях г. Ухты являются белянки *L. sinapis*, *P. napi*, *C. palaeno*, голубянки *Callophrys rubi*, *P. optilete*, *P. semiargus*, нимфалиды *Brenthis ino*, *C. euphrosyne*, *C. selene*, сатириды *Erebia euryale*, *E. ligea*. Именно они составляют т.н. «таксономический портрет» локальной фауны. Видов, у которых бы заметно увеличилась численность и встречаемость немного, среди них можно выделить белянок *A. crataegi*, *G. rhamnii*, голубянку *P. icarus*, толстоголовку *Thyme-*



*licus lineola*, а также недавних вселенцев нимфалид *L. populi*, *A. paphia*, и сатириду *M. jurtina*. Незначительные колебания обилия большинства видов в разные годы мы связываем с естественной динамикой популяций, погодными условиями, многолетними тенденциями в изменении климата. Четкий тренд в сторону снижения представленности в локальной фауне наблюдается у парусника *D. mnemosyne*, голубянки *A. nicias* и нимфалид *C. freija*, *M. diamina*. Основным лимитирующим фактором является антропогенная трансформация и уничтожение мест их обитаний. Уменьшение численности бабочки *P. brassicae* наблюдается в последние десятилетия по всему северу Русской равнины и пока малообъяснимо.

В целом можно заключить, что видовой состав ухтинской локальной булавоусых чешуекрылых с середины 20 в. увеличился на четверть. Новые виды проникали, главным образом, по квазиприродным коридорам вдоль строящихся линейных хозяйственных коммуникаций. Формированию и закреплению постоянных их популяционных группировок способствовало увеличение площади антропогенных участков интразонального облика, которые в таежной зоне являются основными местообитаниями дневных бабочек. Численность и встречаемость коренных видов, составляющих ядро состава локальной фауны, за семь десятилетий не претерпела значительных изменений. Снижение численности местных популяций под влиянием антропогенной нагрузки пока достоверно установлено лишь у четырех видов.

Таблица

**Состав, многолетняя динамика обилия и встречаемости булавоусых чешуекрылых ухтинской локальной фауны**

Название вида	Год наблюдений, балл обилия и встречаемости вида				
	1962	1974	1990	2001	2016
1	2	3	4	5	6
<i>Papilio machaon</i> L.	3	3	3	3	3
<i>Driopa mnemosyne</i> (L.)	–	3	3	2	1
<i>Leptidea morsei</i> (Fent.)	–	2	3	3	3
<i>L. sinapis</i> (L.)	5	5	5	5	5
<i>L. juvernica</i> Will.	–	–	–	–	1
<i>Aporia crataegi</i> (L.)	2	3	3	4	4
<i>Pieris brassicae</i> (L.)	4	3	2	1	1
<i>P. napi</i> (L.)	5	5	5	5	5
<i>P. rapae</i> (L.)	4	4	4	4	4
<i>Pontia daplidice</i> (L.)	–	1	1	2	2
<i>Anthocharis cardamines</i> (L.)	4	4	4	4	4
<i>Colias hyale</i> (L.)	2	2	2	2	2
<i>C. palaeno</i> (L.)	5	5	5	5	5
<i>Gonepteryx rhamni</i> (L.)	2	2	3	4	4
<i>Fixsenia pruni</i> (L.)	–	–	–	1	1
<i>Callophrys rubi</i> (L.)	5	5	5	5	5
<i>Lycaena helle</i> ([Den. et Schiff.])	4	4	4	4	4
<i>L. phlaeas</i> (L.)	–	–	2	2	2
<i>L. hippothoe</i> (L.)	2	3	3	3	3
<i>L. virgaureae</i> (L.)	5	5	4	4	4

## Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
<i>Celastrina arguiolus</i> (L.)	2	2	3	3	3
<i>Cupido minimus</i> (Fsl.)	–	2	2	2	2
<i>C. alcetas</i> (Hoff.)	–	2	2	2	2
<i>Plebeius argus</i> (L.)	2	2	2	2	2
<i>P. idas</i> (L.)	4	4	4	4	4
<i>P. optilete</i> (Kn.)	5	5	5	5	5
<i>Glaucopsyche alexis</i> (Poda)	–	–	–	–	1
<i>Aricia artaxerxes</i> (F.)	5	4	4	3	3
<i>A. eumedon</i> (Esp.)	4	4	4	4	4
<i>A. nicias</i> (Meig.)	5	5	5	3	2
<i>Polyommatus amandus</i> (Schn.)	–	3	3	3	3
<i>P. icarus</i> (Rott.)	–	4	4	5	5
<i>P. semiargus</i> (Rott.)	–	5	5	5	5
<i>L. populi</i> (L.)	–	–	1	2	2
<i>Neptis rivularis</i> (Sop.)	–	–	–	1	2
<i>Argynnis paphia</i> (L.)	–	–	2	3	3
<i>Fabriciana adippe</i> (Rott.)	–	2	3	3	3
<i>Speyeria aglaja</i> (L.)	4	4	4	4	4
<i>Issoria lathonia</i> (L.)	1	1	1	1	1
<i>Brenthis ino</i> (Rott.)	5	5	5	5	5
<i>Boloria aquilonaris</i> (Stich.)	4	4	4	4	4
<i>Clossiana eunomia</i> (Esp.)	1	3	4	4	4
<i>C. angarensis</i> (Ev.)	–	1	–	–	1
<i>C. euphrosyne</i> (L.)	5	5	5	5	5
<i>C. freija</i> (Thnb.)	3	3	3	2	2
<i>C. frigga</i> (Thnb.)	1	1	1	1	1
<i>C. selene</i> ([Den. et Schiff.])	5	5	5	5	5
<i>C. thore</i> (Hbn.)	–	–	–	1	1
<i>C. titania</i> (Esp.)	4	4	4	4	4
<i>Nymphalis xanthomelas</i> (Esp.)	–	–	–	2	3
<i>N. antiopa</i> (L.)	5	5	5	5	5
<i>N. urticae</i> (L.)	3	4	5	5	5
<i>Polygonia c-album</i> (L.)	4	5	5	5	5
<i>Vanessa atalanta</i> (L.)	1	1	1	1	1
<i>V. cardui</i> (L.)	5	3	2	3	3
<i>Arashnia levana</i> (L.)	2	2	3	3	3
<i>Euphydryas maturna</i> (L.)	4	4	4	4	4
<i>E. ichnea</i> (Bsd.)	–	–	2	2	2
<i>Melitaea athalia</i> (Rott.)	4	4	4	4	4
<i>M. diamina</i> (Lang)	4	4	3	3	2
<i>Lasiommata maera</i> (L.)	–	2	2	2	2
<i>L. petropolitana</i> (F.)	4	4	5	5	5
<i>Coenonympha glycerion</i> (Brkh.)	–	–	–	2	2
<i>C. tullia</i> (Müll.)	4	4	3	3	3
<i>Maniola jurtina</i> (L.)	–	–	–	2	2
<i>Erebia euryale</i> (Esp.)	5	5	5	5	5
<i>E. ligea</i> (L.)	5	5	5	5	5

1	2	3	4	5	6
<i>E. embla</i> (Thnb.)	3	3	3	3	3
<i>Oeneis jutta</i> (Hbn.)	4	4	4	4	4
<i>Pyrgus alveus</i> (Hbn.)	1	1	1	1	1
<i>P. centaureae</i> (Ramb.)	–	2	2	2	2
<i>P. malvae</i> (L.)	4	4	4	4	4
<i>Cartherocephalus palaemon</i> (Pall.)	4	4	5	5	5
<i>C. silvicolus</i> (Meig.)	4	4	4	4	4
<i>Hesperia comma</i> (L.)	–	–	2	2	2
<i>H. sylvanus</i> (Esp.)	4	4	3	3	3
<i>Thymelicus lineola</i> (Oschs.)	–	2	2	4	4
<i>Th. sylvestris</i> (Poda)	–	–	–	–	2

Баллы 1–5 см. в тексте.

### Литература

1. Татаринов А. Г. География дневных чешуекрылых европейского Северо-Востока России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 255 с.
2. Татаринов А. Г., Долгин М. М. Булавоусые чешуекрылые // Фауна европейского Северо-Востока России. СПб: Наука, 1999. Т. 7. Ч. 1. 183 с.
3. Татаринов А. Г., Долгин М. М. Видовое разнообразие булавоусых чешуекрылых на европейском Северо-Востоке России. СПб: Наука, 2001. 244 с.
4. Седых К. Ф., Седых Е. Д. Дневные бабочки Ухтинского района Коми АССР // Энтотомол. обзор. 1959. Т. 38. Вып. 4. С. 829–832.
5. Седых К. Ф. Животный мир Коми АССР. Беспозвоночные. Сыктывкар: Коми книжное изд-во, 1974. 192 с.
6. Макаров К. В., Маталин А. В. Локальная фауна жужелиц (Coleoptera, Carabidae) как объект изучения (на примере карабидофауны Приэльтонья) // Виды и сообщества в экстремальных условиях. М. – София: Т-во научн. изданий КМК-Pensoft, 2009. С. 353–374.

## МАТЕРИАЛЫ ПО ФАУНЕ ЧЛЕНИСТОНОГИХ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ООПТ «АТАРСКАЯ ЛУКА»

С. С. Морозов<sup>1</sup>, С. В. Пестов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный университет,

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, pestov@ib.komisc.ru

Сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Кировской области насчитывает около 200 объектов различных видов и категорий. Общая площадь ООПТ составляет 324,1 тыс. га, или 2,69% от площади области, в то время как в России на начало 2017 г. площадь ООПТ превышает 12% [1]. Это указывает на неудовлетворительное состояние развития системы территориальной охраны природы в области. Согласно концепции развития системы ООПТ в России [2] на территории Кировской области должен быть создан национальный парк «Атарская лука». Для получения материалов к обоснованию создания этого ООПТ было проведено несколько экспедиций, в ходе которых осуществлены комплексное обследование ландшафтов, гидрохимиче-

ские исследование и инвентаризация флоры и фауны птиц [3–6]. Настоящее исследование является продолжением этих работ и ставит целью представить результаты первичной инвентаризации фауны наземных насекомых и клещей.

В августе 2017 года нами проведены сборы на восьми участках в долине р. Вятка по маршруту от с. Петропавловское (Советский р-н) до д. Приверх (Лебяжский р-н). Координаты точек сбора и распределение по числу собранных экземпляров и видов на обследованных участках показано в таблице.

Таблица

#### Участки сбора материала и объем собранного материала

№ п/п	Ближайший населенный пункт	Район	Широта	Долгота	Число особей	Число видов
1	Валигино	Советский	57,57932	49,15889	11	8
2	Шуколюково	Советский	57,57495	49,16889	20	15
3	Токари	Советский	57,56475	49,20796	27	22
4	Мансурово	Советский	57,55549	49,20609	10	6
5	Корсаково	Советский	57,52383	49,25623	83	48
6	Атары	Лебяжский	57,53729	49,28101	16	12
7	Ершово (Белаевский бор)	Нолинский	57,48481	49,34485	174	65
8	Приверх	Лебяжский	57,49359	49,44366	159	57

В ходе обследования было обнаружено 155 видов насекомых и клещей, относящихся к 63 семействам и 13 отрядам. Наибольшим видовым разнообразием обладают отряды двукрылые, жесткокрылые, перепончатокрылые. В приведенном ниже перечне, после каждого вида в скобках указаны номера локалитетов (см. табл.), в которых он встречается.

**Arariformes** (1 семейство, 4 вида): *Aceria campestricola* Frauenfeld (1, 3), *A. varia* Nal. (7), *Eriophyes diversipunctatus* Nal. (7), *E. padi* Nal. (8);

**Parasitiformes** (1 семейство, 1 вид): *Dermacentor reticulatus* F. (7);

**Blattoptera** (1 семейство, 1 вид): *Ectobius lapponicus* L. (3);

**Dermoptera** (1 семейство, 1 вид): *Labidura riparia* Pallas (5, 6);

**Odonata** (3 семейство, 6 видов): *Calopteryx virgo* L. (7), *Coenagrion hastulatum* Charp. (7,8), *C. Pulchellum* Vander Linden (5,8), *Sympetrum danae* Sulzer (7), *S. flaveolum* L. (4, 5, 8), *S. vulgatum* L. (5, 8);

**Orthoptera** (2 семейства, 2 вида): *Chorthippus biguttulus* L. (8), *Metrioptera roeselii* Hagenbach (5);

**Homoptera** (4 семейства, 7 видов): *Aphrophora pectoralis* Mats. (5, 7, 8), *Centrotus cornutus* L. (7), *Cicadella viridis* L. (2, 5, 7, 8), *Coloradoa tanacetina* Walker (1, 7), *Lepyronia coleoptrata* L. (2, 3, 5, 7, 8), *Neophilaenus lineatus* L. (8), *Philaenus spumarius* L. (7, 8);

**Heteroptera** (7 семейства, 21 вид): *Adelphocoris lineolatus* Goeze (7), *A. quadripunctatus* F. (5, 7, 8), *A. seticornis* F. (2, 7, 8), *Aelia acuminata* L. (8), *Capsus ater* L. (5), *Coptosoma scutellatum* Geoffroy (7, 8), *Coreus marginatus* L. (3, 7), *Corizus hyoscyami* L. (7), *Eurygaster testudinaria* Geoffroy (8), *Globiceps flavomaculatus* F. (7), *Labops sahlbergii* Fall. (2), *Leptopterna dolabrata* L. (7), *Lygus pratensis* L. (5), *L. punctatus* Zett. (5, 8), *Myrmus miriformis* Fall. (3, 5, 7),

*Nabis flavomarginatus* Scholtz (3, 5, 8), *Plagiognathus chrysanthemi* Wolff (7), *Rhopalus parumpunctatus* Schilling (3), *Stenodema calcarata* Fall. (7), *Stenotus binotatus* F. (7), *Trigonotylus fuscitarsis* L. (2);

**Coleoptera** (13 семейств, 24 видов): *Agrypnus murinus* L. (8), *Altica tamaricis* Schrank (4, 5), *Anastrangalia reyi* Heyden (3), *Athous niger* L. (5), *Buprestis haemorrhoidalis* Herbst (8), *Cassida viridis* L. (8), *Coccinella quinquepunctata* L. (8), *C. septempunctata* L. (5, 8), *Cryptorhynchus lapathi* L. (1), *Dolichosoma lineare* Rossi (7), *Geotrupes stercorosus* Scriba (2), *Lagria hirta* L. (3), *Leptura quadrifasciata* L. (8), *Lepturobosca virens* L. (3), *Mordella aculeata* L. (8), *Oedemera femorata* Scop. (2, 7), *Oxythyrea funesta* Poda (3, 7), *Protaetia cuprea metallica* Herbst (8), *Rhagonycha fulva* Scop. (2, 3, 7), *Rhagonycha testacea* L. (7), *Semiadalia notata* Laicharting (3, 7), *Stenurella melanura* L. (1, 5), *Stictoleptura variicornis* Dalman (1, 3, 5), *Tenebrio obscurus* F. (8);

**Hymenoptera** (8 семейств, 21 вид): *Anthidiellum strigatum* Pz. (7), *Apis mellifera* L. (3,5,6,8), *Athalia rosae* L. (5,7), *Bombus hortorum* L. (8), *B. lucorum* L. (5), *B. pascuorum* Scop. (8), *B. pratorum* L. (8), *B. schrencki* Mor. (8), *Colletes floralis* Eversman (8), *Diplolepis eglanteriae* Hartig (7), *Dolichovespula saxonica* F. (2, 8), *D. sylvestris* Scop. (8), *Gasteruption hastator* F. (8), *Lasius niger* L. (1,7), *Megachile genalis* Mor. (5), *Polistes nimphus* Christ (8), *Pontania pedunculi* Hartig (8), *Vespa crabro* L. (8), *Vespula austriaca* Pz. (8), *V. germanica* F. (8), *V. rufa* L. (1);

**Mecoptera** (1 семейство, 1 вид): *Panorpa communis* L. (2,8);

**Lepidoptera** (8 семейств, 13 видов): *Aphantopus hyperantus* L. (5), *Araschnia levana* L. (7), *Cerura vinula* L. (4), *Gonepteryx rhamni* L. (3, 4, 7, 8), *Nymphalis urticae* L. (8), *Papilio machaon* L. (2), *Phyllonorycter issikii* Kumata (8), *Ph. sagitella* Bjerkaner (7), *Pieris napi* L. (7), *Stigmella nylandriella* Tengström (3), *S. sorbi* Stainton (7), *Thymelicus lineolus* Ochs. (7, 8), *Th. sylvestris* Poda (7);

**Diptera** (12 семейств, 57 видов): *Atylotus rusticus* L. (7), *Calliphora uralensis* Vill. (8), *Campiglossa grandinata* Rond. (5), *Cheilisia illustrata* Harris (7), *Ch. pagana* Mg. (3), *Chlorops pumilionis* Bjerk. (4, 5, 7, 8), *Chrysops relictus* Mg. (5, 7, 8), *Conops quadrifasciatus* DG (7), *Contarinia petioli* Kieffer (7), *Coremacera marginata* F. (3, 7), *Cynomya mortuorum* L. (3, 6), *Dasineura rosaria* Lw. (7), *Dioctria cothurnata* Mg. (2, 5, 6), *Empis livida* L. (7), *E. lugubris* Lw. (8), *Epistrophe diaphana* Zett. (7), *Episyrphus balteatus* DG (2, 5, 7), *Eriothrix rufomaculatus* DG (6, 7), *Eupeodes corollae* F. (5), *Euthycera chaerophylli* F. (5), *Gymnosoma nudifrons* Herting (7), *Gymnosoma rotundatum* L. (7), *Haematopota crassicornis* Wahl. (6), *H. pluvialis* L. (4, 5, 6), *Helophilus affinis* Wahl. (5), *H. hybridus* Lw. (5), *H. pendulus* L. (5), *Hybomitra ciureai* Séguy (5), *H. muehlfeldi* Brauer (5), *Leptogaster cylindrica* DG (5, 6, 7, 8), *Limnia unguicornis* Scop. (2), *Melanostoma mellinum* L. (1, 6, 7, 8), *Oxyina flavipennis* Lw. (5), *Pherbina intermedia* Verbeke (5), *Physocephala rufipes* F. (6,8), *Platycheirus scambus* Staeger (5), *P. granditarsus* Forster (5), *Scenopinus fenestralis* L. (7), *Sphaerophoria interrupta* F. (8), *S. scripta* L. (5, 6, 7, 8), *Syrphus ribesii* L. (8), *S.*

*torvus* OS (7), *Tabanus bovinus* L. (6, 7), *T. bromius* L. (7), *Tephritis crepidis* Hendel (3), *Terellia longicauda* Mg. (8), *T. ruficauda* F. (5), *Tetanocera elata* F. (2, 5), *Trypetoptera punctulata* Scopoli (5), *Volucella bombylans* L. (7), *Wachtliella persicariae* L. (3), *Xylota meigeniana* Stackelberg (7), *Xylota segnis* L. (7).

В обработанных сборах девять видов двукрылых оказались новыми для фауны Кировской области: *Campiglossa grandinata* Rondani, *Empis lugubris* Lw., *Gymnosoma nudifrons* Herting, *Oxyina flavipennis* Lw, *Pherbina intermedia* Verbeke, *Scenopinus fenestralis* L., *Tephritis crepidis* Hendel, *Terellia longicauda* Mg., *T. ruficauda* F.

Среди интересных находок можно отметить клеща *Dermacentor reticulatus*. По Кировской области проходит северная граница ареала [7] и ареал его активно расширяется. Этот клещ отмечен как переносчик боррелиоза, но не переносит клещевой энцефалит [8]. В окрестностях д. Приверх, была отмечена липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii*, которая является чужеродным видом, активно распространяющимся по Кировской области [9–11]. К Сравнительно редким видом чешуекрылых является вилохвост большой (*Cerura vinula*). Как показывают исследования в центральной России, в последнее время этот вид имеет тенденцию снижения численности из-за активной лесохозяйственной деятельности [12]. В Кировской области он встречается спорадически, а тенденции численности не выявлены.

Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.

### Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». М.: Минприроды России; НИИ-Природа, 2017. 760 с.
2. Концепция развития системы особо охраняемых природных территорий федерального значения на период до 2020 года. М., 2011. 33 с. [Электронный ресурс]. <http://government.ru/docs/4281/>
3. Чепурнов Р. Р., Прокашев А. М., Матушкин А. С., Охорзин Н. Д., Пупышева С. А., Мокрушин С. Л., Соболева Е. С., Варган И. А. Ландшафтная структура коренных берегов реки Вятки в районе Атарской луки // Географический вестник. 2016. № 2 (37). С. 5–16.
4. Кутявина Т. И. Результаты гидрохимического анализа родниковой и речной воды в районе Атарской луки Кировской области // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ВятГУ, 2017. С. 80–82.
5. Рябова Е. В., Рябов В. М. Охраняемые растения перспективной ООПТ «Атарская лука» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ВятГУ, 2016. С. 53–55.
6. Рябов В. М. Материалы о распространении редких видов птиц на территории перспективной ООПТ «Атарская лука» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ВятГУ, 2017. С. 349–352

7. Целищева Л. Г. Новый вид иксодовых клещей *Dermacentor pictus* Hermann в подзоне хвойно-широколиственных лесов Кировской области // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: научные и образовательные аспекты. Материалы Всерос. науч. школы, Киров, 2006. С. 64–65.

8. Бессолицына Е. А., Волков С. А., Бердинских И. С., Столбова Ф. С., Дармов И. В. Анализ зараженности бактериями рода *Borrelia* клещей, собранных на территории Кировской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2013. Т. 15. № 3(3). С. 1088–1091.

9. Пестов С. В. К фауне членистоногих заказника «Бушковский лес» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров, 2014. С. 207–210.

10. Зиновьев В. В., Пестов С. В. Сезонные изменения повреждения листьев липы сердцевидной (*Tilia cordata* L.) членистоногими в урбанизированной среде // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. молодежной науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров, 2017. С. 183–186.

11. Целищева Л. Г. Распространение липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii* Kumata) в заповеднике «Нургуш» // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем. Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров, 2015. С. 140–144.

12. Большаков Л. В., Ручин А. Б. Обзор чешуекрылых (Insecta: Lepidoptera), рекомендуемых ко внесению во второе издание красной книги Республики Мордовия // Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П. Г. Смидовича. Вып. 16. Саранск; Пушта, 2016. С. 118–268.

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA: RHOPALOCERA) КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

***А. В. Мазеева*<sup>1</sup>, *О. И. Кулакова*<sup>2</sup>, *С. В. Пестов*<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, mazeevaal@yandex.ru,*

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,  
iduna@rambler.ru, pestov@ib.komisc.ru*

Инвентаризация биологического разнообразия является одним из актуальных вопросов экологических исследований. Среди различных групп насекомых наиболее изученной считаются булавоусые чешуекрылые. Они являются одной из основных групп опылителей цветковых растений, играют значительную роль в питании энтомофагов. Чешуекрылые характеризуются быстрой реакцией на изменение условий окружающей среды изменением. История изучения булавоусых чешуекрылых на территории Кировской области, насчитывает уже около 130 лет. Начало исследованиям чешуекрылых на территории области положил Л. К. Круликовский [1, 2]. Его сборы охватывали в первую очередь в южные уезды (Сарапульский, Елабужский, Уржумский, Малмыжский) Вятской губернии. В настоящее время эти территории находятся в составе Кировской области, республик Удмуртии, Марий Эл, Татарстана, а также Нижегородской области.

Продолжила исследования булавоусых чешуекрылых А. Н. Чарушина в рамках подготовки кандидатской диссертации [3]. Её исследования велись в стационарных (г. Киров, с. Кстинино и с. Коньп Кирово-Чепецкого района, с. Лазарево Уржумского района, п. Шабалино и г. Луза), полустационарных (с. Верхне-Лалье Лузского района, п. Шабалино, п. Мурыгино Юрьянского района, с. Полом Белохолуницкого района, г. Нолинск, г. Уржум, п. Пиляндыш и п. Донаурово Уржумского района) участках и условиях, охарактеризованной ей как «кратковременные остановки» (с. Лальск Лузского района, п. Белая Холуница, п. Медведок Нолинского района, п. Андрей-Ключ Уржумского района). Кроме того, в тексте отмечалось с. Бурмакино Кирово-Чепецкого района, а также (по сборам Н. Дербеневой) г. Яранск, пгт. Кильмезь, пгт. Тужа, д. Гоньба Малмыжского района [3–5].

На протяжении последних сорока лет появлялись отдельные публикации [6–12], в которых приводились новые виды как для области в целом так и для отдельных ее районов. В настоящее время в Кировской области обнаружено 137 видов булавоусых чешуекрылых из шести семейств. В результате обобщения имеющихся сведений различных источников, в которых приводятся названия локалитетов на территории Кировской области [1–12], была составлена следующая карта (рис. 1 А).

На карте (рис. 1 А) видно, что в двух районах (Пижанский, Сунской) по литературным данным полностью отсутствуют точки находок и соответственно отмеченные для них виды. В одиннадцати районах (Верхошижемский, Лебяжский, Афанасьевский, Даровской, Кикнурский, Фаленский, Омутнинский, Санчурский, Арбажский, Богородский, Свечинский) немногочисленные точки находок присутствуют, но для каждого приводится не более пяти видов *Rhopalocera*. Причем, в это число входят достаточно обычные для региона виды *Aporia crataegi* L., *Gonopteryx rhamnii* L., *Pieris napi* L., *Nymphalis io* L. Ещё для восьми районов (Немский, Тужинский, Орловский, Яранский, Зуевский, Белохолуницкий, Слободской, Унинский) имеются сведения о находках не более двадцати видов. При этом для окрестностей г. Кирова и Уржумского района приводится соответственно 89 и 81 вид булавоусых чешуекрылых, а для Котельничского, Нолинского, Лузского и Кирово-Чепецкого районов 60–70 видов. Такая неравномерность исследования территории области во многом обусловлена историей изучения булавоусых чешуекрылых.

Лепидоптерофауна северной части области (г. Луза, п. Подосиновец, п. Мураши) освещена в монографии А. Г. Татарина [10]. С учетом вышесказанного, а также расположения ГПЗ «Нургуш» [8] в Котельничском районе и памятника природы «Медведский бор» в Нолинском [3, 4, 7, 11] становится понятным относительно более хорошая изученность ряда районов.

Наши сборы и наблюдения 2005–2017 гг. охватывали окрестности г. Кирова [13], территории Нолинского [14], Уржумского [15], Сунского, Верхнекамского, Юрьянского, Кирово-Чепецкого, Куменского, Оричевского [16], Котельничского, Пижанского и Советского районов. По совокупным



данным, указанными выше литературными источниками и нашими данными была составлена карта (рис. 1 Б). В результате для Сунского и Пижанского районов, где прежде отсутствовали сборы, отмечены 17 и 12 видов соответственно. Кроме того, благодаря коллекционным материалам увеличилось число видов известных для ряда районов, в особенности Омутнинского (с трех до 15 видов), Яранского (с 11 до 23) и Унинского районов (с 11 до 30).

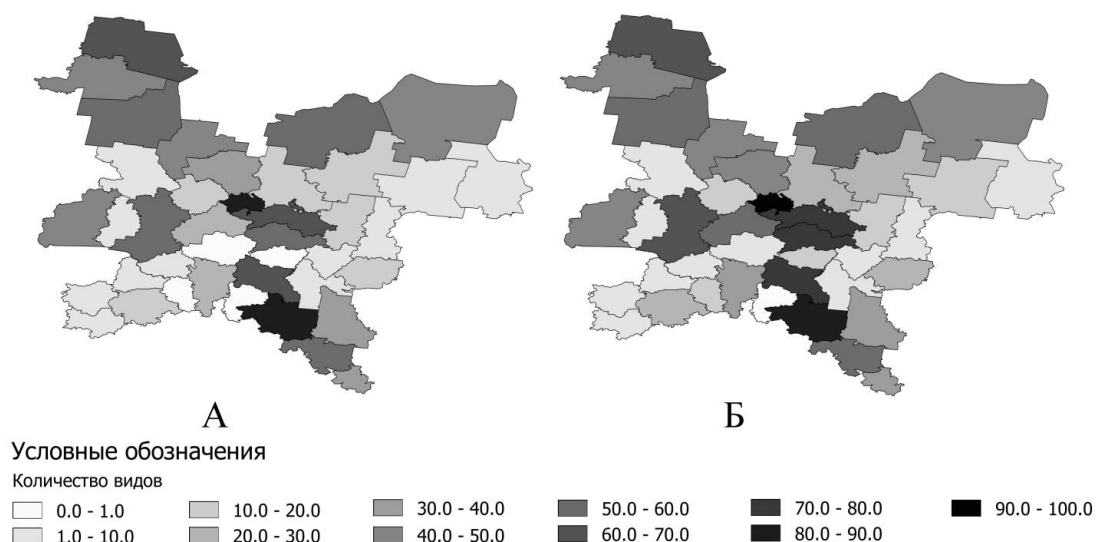


Рис 1. Интенсивность изученности фауны булавоусых чешуекрылых в Кировской области по: А – литературным данным; Б – совокупности данных (см. в тексте)

Таким образом, несмотря на длительную историю изучения, территория Кировской области изучена очень неравномерно. Практически отсутствуют данные о юго-западных (Санчурском, Кикнурском, Яранском, Тужинском, Арбажском, Пижанском) и части восточных районов (Фалёном, Унинском, Богородском, Омутнинском, Афанасьевском), однако относительно неплохо изучены г. Киров с ближайшими окрестностями, юго-восточные (Уржумский, Нолинский, Малмыжский, Вятскополянский, Кильмезский) и северные районы (Лузский, Подосиновский, Опаринский, Мурашинский, Нагорский, Верхнекамский), а также. Необходимо дальнейшее изучение булавоусых чешуекрылых, в особенности, в юго-западных и части восточных районах.

### 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. Чешуекрылые Вятской губернии // Материалы к познанию фауны и флоры Российской империи. Отдел зоологический. Выпуск 9. М.: «Типолитография Товарищества И. Н. Кушнерев и КО, 1909. С. 48–250.

3. Чарушина А. Н. Насекомоядные, грызуны, их эктопаразиты и булавоусые чешуекрылые основных ландшафтов Кировской области: Дис. ... канд. биол. наук. М., 1971. 195 с.
4. Чарушина А. Н., Шернин А. И. Отряд Lepidoptera – Чешуекрылые // Животный мир Кировской области. Т. 2. Киров, 1974. С. 351–477.
5. Чарушина А. Н. Булавоусые чешуекрылые окрестностей г. Кирова // Материалы о фауне северо-востока европейской части Советского союза. Киров, 1973. С. 22–35.
6. Решетников С. П. Отряд Lepidoptera – Чешуекрылые // Животный мир Кировской области. Дополнение. Т. 5. Киров: Изд-во ВГПУ, 2001. С. 183–186.
7. Решетников С. П. Новые виды чешуекрылых (Insecta, Lepidoptera) с территории Кировской области // Материалы I городских науч.-практ. чтений памяти ученого-естествоиспытателя С. В. Маракова. Киров, 2014. С. 41–45.
8. Решетников С. П. К фауне чешуекрылых (Lepidoptera) заповедника «Нургуш» // Труды государственного природного заповедника «Нургуш». Т. 3. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2015. С. 143–150.
9. Стародубцева А. В., Целищева Л. Г. Фауна чешуекрылых Уржумского района // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы первой областной науч.-практ. конф. молодежи. Киров, 2006. С. 62–63.
10. Татаринов А. Г. География дневных чешуекрылых европейского Северо-Востока России. М.: КМК, 2016. 350 с.
11. Целищева Л. Г., Даровских Е. А. Изучение насекомых Медведского бора // Экологический мониторинг: научный и образовательный аспекты: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2002. С. 50–51.
12. Юферев Г. И. Энтомофауна Кировской области. Новые материалы. Киров: «Триада плюс», 2004. 23 с.
13. Мазеева А. В., Кулакова О. И. Многолетние изменения населения булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Rhopalocera) окрестностей города Кирова // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ВятГУ, 2017. С. 191–196.
14. Мазеева А. В., Кулакова О. И. Фауна и экология булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera) памятника природы «Медведский бор», Кировская область // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы докладов XXIII Всерос. молодеж. науч. конф. Сыктывкар, 2016. С. 74–78.
15. Пестов С. В. К фауне членистоногих заказника «Бушковский лес» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров, 2014. С. 207–209.
16. Структура населения наземных беспозвоночных луговых экосистем южной тайги / С. В. Пестов, Е. А. Домнина, О. И. Кулакова, А. Г. Татаринов, А. В. Мазеева // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 4. С. 82–91.

## **РАЗНООБРАЗИЕ ЭНТОМОКОМПЛЕКСОВ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ *BETULA PENDULA* ROTH РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ**

*Н. В. Турмухаметова, М. В. Сухорукова*  
*Марийский государственный университет, bonid@mail.ru*

В лесном хозяйстве уделяется много внимания наиболее распространенным насекомым-вредителям [1–3]. Однако работ, посвященных изучению всего комплекса Insecta, связанных с ценопопуляциями древесных растений, немного [4, 5]. Целью работы является изучение особенностей энтомоком-

плексов ценопопуляций березы повислой (*Betula pendula* Roth) в некоторых районах Республики Марий Эл.

Исследования были проведены в 2015 г. в Республике Марий Эл, на территории трех районов – Юринского, Звениговского и Медведевского. В том числе материал собирали на территории ООПТ «Сосновая роща», расположенной в лесопарковой зоне восточной части города Йошкар-Олы Медведевского района. Работы осуществляли в березняках разнотравных. *B. pendula* относится к гемиеврибионтным видам и имеет широкие экологические диапазоны по климатическим и почвенным факторам Д.Н. Цыганова [6].

Материал был собран с 90 деревьев березы повислой различных онтогенетических состояний: виргинильное (подрост) и средневозрастное генеративное. В работе использовали стандартные энтомологические методы: стряхивания, механического захвата отдельных особей и колоний, кошения энтомологическим сачком, использования стволовых и почвенных ловушек в пристволовой части дерева [7–8]. По характерным повреждениям вегетативных и генеративных структур деревьев определяли некоторых насекомых-фитофагов [1]; рассчитывали относительное обилие дендробионтов [9].

Разнообразие насекомых изученных ценопопуляций березы повислой включает 131 вид Insecta из 54 семейств и 9 отрядов. Энтомокомплекс изученных ценопопуляций *B. pendula* включает 69 видов фитофагов, 48 – зоофагов и 14 – эврифагов. Соотношение систематических групп насекомых различается в трех районах исследования ( $P < 0,01$ ).

Среди обнаруженных насекомых-фитофагов березы повислой доминируют представители Coleoptera (54%): Curculionidae, Apionidae, Chrysomellidae, Elateridae, Attelabidae, Scarabaeidae, Buprestidae. Homoptera (16%) представлены семействами: Aphidoidea, Aphrophoridae, Cicadellidae, Fulgoridae, Membracidae, Psyllidae. На долю Hemiptera приходится 14%: Acanthosomatidae, Pentatomidae, Miridae, Lygaeidae. Насекомые-дендробионты березы повислой из других отрядов (Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera) представлены 16% видов.

Среди зоофагов лидирующее положение занимают представители Coleoptera (71%): Carabidae, Coccinellidae, Cantharidae, Geotrupidae, Silphidae, Cleridae. В ценопопуляциях березы повислой из группы энтомофагов доминируют жужелицы (19 видов) [10]. Мы проанализировали уловистость и сезонную динамику активности этой группы. В период наблюдений на территории Юринского и Звениговского районов республики было зафиксировано 1237 особей жужелиц. Наибольшая динамическая плотность Carabidae была отмечена в насаждениях взрослых деревьев на территории Юринского района. Большая уловистость жужелиц характерна для влажных биотопов со сравнительно невысокими температурами. Известно, что такие условия увеличивают активность подавляющего числа видов жужелиц и являются благоприятными для размножения [11]. Более низкая динамическая плотность Carabidae была отмечена в периоды с наиболее высокими температурами и низ-

кой влажностью воздуха. Уменьшение динамической плотности в конце вегетационного периода связано с завершением цикла развития и подготовлением насекомых к зимовке. Снижение температуры воздуха и почвы также способствует уходу некоторых групп из подстилки в более глубокие слои почвы.

Видовое разнообразие насекомых в насаждениях *Betula pendula* Медведевского, Звениговского и Юринского районов Республики Марий Эл отличается (индекс Чекановского-Сьеренсена 0,25–0,36), что определяется почвенно-климатическими различиями условий местообитаний. Более схож состав энтомофауны разновозрастных насаждений березы повислой в пределах одного биотопа (индекс 0,44–0,60).

Обилие у большей части встреченных особей видов насекомых является либо единичным, либо редким – 1 и 2 балла по шкале Ю. А. Песенко [9]. Относительное обилие насекомых зависит как от онтогенетического состояния дерева, так и от условий конкретного биотопа ( $P < 0,01$ ). Ранее в других районах республики было выявлено, что с появлением генеративных структур, изменением анатомо-морфологических особенностей березы повислой возрастает разнообразие насекомых, связанных с древесным растением трофическими связями [5].

Энтомофауна изученных ценопопуляций *B. pendula* включает следующие эколого-трофические группы: листогрызы, сосущие листву насекомые, минеры, галлообразователи, карпофаги, эккрисотрофы, ксилофаги, ризофаги, микофаги, энтомофаги и некрофаги. Среди данных групп преобладают листогрызущие (16%) и сосущие листья насекомые (13%), для генеративных деревьев добавляются карпофаги (15%). На долю энтомофагов приходится 30%. Соотношение трофических групп насекомых зависит от онтогенетического состояния дерева и условий местообитания ( $P < 0,001$ ). Большая часть фитофагов березы повислой – виды с широким спектром питания, узкоспециализированных филлофагов немного: Aphidoidea (Homoptera), Coleophoridae, Cracilariidae (Lepidoptera) и Cecidomyiidae (Diptera).

Многочисленной группой по степени вредоносности оказались второстепенные вредители (74%). Единственным представителем первостепенных вредителей *B. pendula* в данный год исследования является *Cimbex femorata* L. (Tenthredinidae, Hymenoptera). Возможно, оптимальное соотношение численности популяций видов насекомых фито- и энтомофагов в изученных ценопопуляциях березы повислой не дало вспышки численности наиболее массовых и опасных вредителей в год исследования.

Таким образом, разнообразие комплекса Insecta в ценопопуляциях *Betula pendula* определяется как экологическими условиями районов исследования, так и анатомо-морфологическими особенностями деревьев различного онтогенетического состояния, на которых обитают насекомые. Энтомокомплекс изученных ценопопуляций *B. pendula* включает 11 эколого-трофических групп с доминированием филлофагов и энтомофагов.

## Литература

1. Гусев В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. М.: Лесная пром-ть, 1984. 472 с.
2. Пчелин В. И. Дендрология. Йошкар-Ола: Марийс. гос. техн. ун-т, 2007. 519 с.
3. Macfadyen S., Traugott M., Memmott J., Sint D., Gibson R. et al. Parasitoid control of aphids in organic and conventional farming systems // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2009. Vol. 133. P. 14–18.
4. Кутенкова Н. Н. Комплексы беспозвоночных в кронах берез и использование ими кормового ресурса // *Энтомологические исследования в заповеднике «Кивач»*. Петрозаводск, 1991. С. 75–98.
5. Турмухаметова Н. В., Дорогова Ю. А. Характеристика консорций и экологических условий местообитаний ценопопуляций *Betula pendula* Roth // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2014. Т. 16. № 1(3). С. 833–837.
6. Dorogova Y. A., Zhukova L. A., Turmuhametova N. V., Polyanskaya T. A., Notov A. A., Dementyeva S. M. Methods of Analysis of Environmental Diversity of Plants // *Biology and Medicine*. 2016. Vol. 8. № 7. 7 p.
7. Гиляров М. С. Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. 274 с.
8. Цуриков М. Н. Гуманные методы исследования беспозвоночных // *Запов. справа в Україні*. 2004. Т. 9. Вып. 2. С. 52–57.
9. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
10. Сухорукова М. В., Турмухаметова Н. В. Видовой состав энтомофагов в консорции березы повислой // *Современные проблемы медицины и естественных наук: Сб. статей Всерос. науч. конф. Вып. 6*. Йошкар-Ола: ООО ИПФ «СТРИНГ», 2017. С. 171–174.
11. Анциферов А. Л. Жуки-жужелицы Костромской области. Конспект фауны и экология видов. Кострома, 2015. 115 с.

## НАСЕЛЕНИЕ МЕРТВОЕДОВ (COLEOPTERA, SILPHIDAE) ДОЛИНЫ р. ВЯТКИ В 2008–2017 гг. (НА ПРИМЕРЕ ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»)

*Л. Г. Целищева, Е. В. Рогожникова, Г. И. Юферев*  
*Государственный природный заповедник «Нургуш»,*  
*nurgush@zapovednik.kirov.ru*

Жуки-мертвоеды являются неотъемлемым компонентом любого биоценоза умеренного пояса. Семейство включает виды с различной пищевой специализацией – от облигатных падальщиков (роды *Nicrodes*, *Nicrophorus*) и хищников (*Phosphuga*, *Dendroxena*) до растительноядных форм (*Aclypaea*); для *Thanatophilus* и *Silpha* характерна полифагия со склонностью к хищничеству [1]. Мертвоеды играют важную роль утилизаторов органических остатков, в результате чего минеральные вещества включаются в общий круговорот веществ, что, в свою очередь, обеспечивает устойчивость существования экосистем. Кроме того, они имеют важное медицинское и ветеринарное значение. С одной стороны, они могут переносить на поверхности своего тела и внутри организма паразитов и их покоящиеся стадии, а с другой – сами могут уничтожать личинок мух.

В настоящее время в фауне России известно 54 вида жуков этого семейства [2]. В Кировской области их зарегистрировано 18 видов [3, 4]. В заповеднике «Нургуш» ранее указывалось об обитании 13 видов мертвоедов [5], за последние пять лет собраны дополнительные материалы по жукам изучаемого семейства, которые представлены в данной работе.

Были поставлены задачи по выявлению локальной фауны мертвоедов долины реки Вятки (на примере территории участка «Нургуш» заповедника «Нургуш») и определению особенностей биотопического распределения жуков данного семейства.

Локальная фауна мертвоедов изучалась на экологическом профиле долины реки Вятки в течение 10 лет с 2008 по 2017 гг. на территории участка «Нургуш» заповедника «Нургуш», который расположен в Котельничском районе Кировской области. Под локальной фауной мы понимали суммированный список видов, обнаруженных в течение продолжительного периода во всех типах биотопов небольшой по географическим масштабам территории; локальная фауна считается изученной, если при повторных исследованиях не выявляются новые виды [1].

Материал собирался почвенными ловушками в семи биотопах: *высокая пойма*: липово-дубовый лес клеверо-снытьево-костровый на берегу протоки на оз. Кривое; дубовый лес чино-подмаренниково-снытьево-клеверный на берегу оз. Нургуш; осиново-липовый лес хвощево-будрово-снытьевый на берегу оз. Малое Кривое; *низкая пойма*: разнотравно-злаковый луг таволгово-мятликово-костровый на берегу оз. Нургуш; *притеррасная пойма*: злаково-разнотравный луг кострово-осоково-таволговый на берегу р. Прость; *прирусловый вал р. Вятки*: ивняк горцево-двуклосточниково-осоковый на берегу р. Вятки; *вторая боровая терраса* – березово-сосновый чернично-орляковый зеленомошный лес. В последнем биотопе мезофауна изучалась в течение четырех лет (2014–2017 гг.).

В качестве почвенных ловушек использовались пластиковые стаканы объемом 0,5 л с фиксатором (4%-ный формалин). Они устанавливались в линию по 10 ловушек в каждом биотопе и функционировали в течение всего вегетационного периода, выборка материала проводилась раз в декаду.

Специальная приманка в ловушках не использовалась. Жуков-мертвоедов в ловушки привлекали попадавшие и погибавшие в них мелкие грызуны, землеройки, земноводные, наземные моллюски и другие беспозвоночные. Всего отработано 83514 ловушко-суток, определен 10731 экземпляр имаго мертвоедов. Личинки мертвоедов не идентифицировались. Видовые названия даны в соответствии со списком жуков-мертвоедов (Silphidae) фауны России [2] и каталогом Палеарктики [5]. Оценка роли видов в сообществе осуществлена с использованием пятибальной шкалы, предложенной Ю. П. Песенко [7]. Виды, имеющие балл обилия 5, рассматривались как массовые, 4 – многочисленные, 3 – обычные, 2 – редкие, 1 – очень редкие.

В результате наших исследований выявлена локальная фауна на территории участка «Нургуш» заповедника «Нургуш», включающая 15 видов

мертвоедов, относящихся к 6 родам, что составляет 83% от фауны данного семейства в Кировской области. Из них 14 видов собраны почвенными ловушками на экологическом профиле долины реки Вятки (табл. 1) и 1 вид (*Silpha obscura* L.) – методом кошения в сосняках второй боровой террасы. Судя по распространению мертвоедов в регионе [3], имеется вероятность обнаружения ещё трёх видов: *Necrodes littoralis* L., *Aclypaea opaca* L. и *A. undata* Müll. В целом, локальную фауну мертвоедов долины реки Вятки, и участка «Нургуш» заповедника «Нургуш» в том числе, можно считать изученной, т. к. с 2015 г. новые виды не выявляются.

Состав фауны мертвоедов формируется за счёт видов с широкими географическими ареалами: по Г. В. Николаеву и В. О. Козьминых [8] транспалеарктическое распространение характерно для 12 видов, голарктическое – для двух (*Nicrophorus investigator*, *N. vespillo*). С европейским ареалом отмечен 1 вид (*Silpha tristis*).

Наиболее богаты видами роды *Nicrophorus* (6 видов), *Thanatophilus* и *Silpha* (по 3 вида), по 1 виду включали *Dendroxena*, *Phosphuga*, *Oiceoptoma*. По численности преобладали полифаги из рода *Silpha* (65,5%).

Виды *S. carinata* и *N. vespilloides*, доля которых в общей численности мертвоедов долины реки Вятки составила более 84%, отмечены как массовые. Многочисленным был *N. vespillo*, обычными – *S. tristis*, *Phosphuga atrata* и *Oiceoptoma thoracicum*. Реже встречались *N. investigator*, *Thanatophilus dispar* и *T. sinuatus*. Обычный на плакоре *T. rugosus* в районе исследования отмечен единично. В ловушки попадали очень редкие виды: *N. humator* и *Dendroxena quadrimaculata*, характерные для широколиственных лесов, *N. interruptus* и *N. sepultor*, представляющие степной комплекс видов.

Наши данные по видовой насыщенности локальной фауны мертвоедов долины реки Вятки согласуются с материалами по объему локальных фаун умеренной зоны и преобладанию в них комплекса видов жуков, закапывающих падаль (*Nicrophorus*) [1].

Структура населения мертвоедов в различных биотопах долины реки Вятки по данным почвенных ловушек приведена в таблице.

Материал, полученный с помощью почвенных ловушек, может быть использован для характеристики биотопического распределения мертвоедов, поскольку известна зависимость видового состава от микроклиматических условий. Данные по количеству пойманных экземпляров отражают только тенденции изменения численности видов, т. к. исследование этой группы жуков не было специально направлено на получение количественных данных. Количество экземпляров того или иного вида зависит от специфики их передвижения и питания.

Наибольшее разнообразие мертвоедов зафиксировано в луговых биотопах и в ивняке (11–12 видов), наименьшее – встречено в сосняке (6).

В пойменных лесах регистрировалось 8–10 видов. Встречаемость мертвоедов была максимальной в осиново-липовом лесу. В этих лесах доминировали *S. carinata* и *N. vespilloides* (обилие 5 баллов). Обычными видами были

*N. vespillo*, *P. atrata* и *O. thoracica*. Виды *D. quadrimaculata*, *N. humator*, специфичные для широколиственных лесов, отмечены только в дубовом и липово-дубовом лесах.

Таблица

**Биотопическое распределение, количество экземпляров, балл обилия [7] мертвоедов в долине р. Вятки в заповеднике «Нургуш» (суммарные данные за 2008-2017 гг.) по данным почвенных ловушек**

№ п/п	Биотопы Виды	Количество экземпляров / балл обилия							Итого, экз.	%
		липово-дубовый лес	дубовый лес	осиново-липовый лес	луг на берегу оз. Нургуш	луг на берегу р. Прость	ивняк	березово-сосновый лес		
1	<i>Dendroxena quadrimaculata</i> (Scop.)	$\frac{3}{1}$	$\frac{5}{2}$	–	–	$\frac{1}{1}$	–	–	<b>9</b>	0,08
2	<i>Oiceoptoma thoracicum</i> (L.)	$\frac{29}{3}$	$\frac{17}{2}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{39}{3}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{11}{2}$	$\frac{29}{4}$	<b>119</b>	1,11
3	<i>Phosphuga atrata</i> (L.)	$\frac{45}{3}$	$\frac{13}{2}$	$\frac{24}{3}$	$\frac{59}{3}$	$\frac{123}{4}$	$\frac{12}{2}$	$\frac{16}{4}$	<b>292</b>	2,72
4	<i>Silpha carinata</i> Hbst.	$\frac{1160}{5}$	$\frac{786}{5}$	$\frac{1403}{5}$	$\frac{1171}{5}$	$\frac{2415}{5}$	$\frac{95}{4}$	$\frac{2}{1}$	<b>7032</b>	65,53
5	<i>S. tristis</i> Ill.	$\frac{5}{1}$	$\frac{7}{2}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{82}{3}$	$\frac{209}{4}$	$\frac{10}{2}$	–	<b>322</b>	3,00
6	<i>Thanatophilus dispar</i> (Hbst.)	–	–	–	–	$\frac{4}{1}$	$\frac{11}{2}$	–	<b>15</b>	0,14
7	<i>T. rugosus</i> (L.)	–	–	–	$\frac{1}{1}$	–	–	–	<b>1</b>	0,01
8	<i>T. sinuatus</i> (F.)	–	–	–	$\frac{11}{2}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{1}{1}$	–	<b>14</b>	0,13
9	<i>Nicrophorus humator</i> (Ol.)	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	–	–	–	–	–	<b>2</b>	0,02
10	<i>N. interruptus</i> (Steph.)	–	–	–	$\frac{14}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{9}{2}$	–	<b>24</b>	0,22
11	<i>N. investigator</i> (Zett.)	$\frac{11}{2}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{10}{2}$	$\frac{15}{2}$	$\frac{13}{2}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{2}{1}$	<b>58</b>	0,54
12	<i>N. sepultor</i> (Charp.)	–	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	–	–	<b>6</b>	0,06
13	<i>N. vespillo</i> (L.)	$\frac{29}{3}$	$\frac{58}{3}$	$\frac{134}{4}$	$\frac{301}{4}$	$\frac{155}{4}$	$\frac{141}{5}$	$\frac{5}{2}$	<b>823</b>	7,67
14	<i>N. vespilloides</i> (Hbst.)	$\frac{595}{5}$	$\frac{451}{5}$	$\frac{628}{5}$	$\frac{122}{4}$	$\frac{81}{3}$	$\frac{89}{4}$	$\frac{48}{5}$	<b>2014</b>	18,77
	<b>Итого, экз.</b>	<b>1878</b>	<b>1343</b>	<b>2220</b>	<b>1816</b>	<b>3014</b>	<b>382</b>	<b>78</b>	<b>10731</b>	100,0
	Количество видов	9	10	8	11	12	11	6	14	

В ивняке высокое видовое разнообразие мертвоедов сопряжено с невысокой их численностью. В этом биотопе преобладал *N. vespillo* (обилие 5 баллов), а многочисленными были *S. carinata* и *N. vespilloides* (обилие 4 балла). Единичными экземплярами представлены виды *T. sinuatus* и *N. investigator*.



Индикаторным видом ивняка можно считать *T. dispar*, который приурочен к околоводным стациям.

В луговых биоценозах также доминировал *S. carinata*, среди многочисленных видов отмечены *N. vespilloides* и *N. vespillo*. Встречаемость *S. tristis* и *P. atrata* была значительно выше, чем в других биотопах. Здесь отмечены *T. rugosus* L., *N. interruptus*, характерные для луговых биотопов.

Специфика населения мертвоедов берёзово-соснового леса надпойменной террасы обусловлена, в основном, особенностями малопродуктивных песчаных почв и выражается в невысоком числе видов и их обилии. Доминировали *N. vespilloides*, и *O. thoracicum*, кроме падали питающиеся на грибах, и *P. atrata*, хищник, питающийся преимущественно моллюсками. Массовый в пойме вид *S. carinata* здесь встречен единично. В сосняке, отличающемся от других лесов большей освещенностью, отмечены виды, предпочитающие открытые пространства – *N. vespillo* и *N. investigator*. Обилие видов рода *Nicrophorus* в данном биотопе можно объяснить их зависимостью в выборе местообитаний от структуры почвы, в которую они закапывают трупы.

Локальная фауна долины реки Вятки на территории участка «Нургуш» заповедника «Нургуш» характеризуются высоким видовым разнообразием мертвоедов и включает 15 видов. Здесь, вероятно, проходит северная граница распространения *D. quadrimaculata*, *N. humator*, *N. sepultor*, *N. interruptus*, которые находят благоприятные условия для обитания в пойме.

Основу фауны составляют виды, типичные для лесной зоны: *S. carinata*, *N. vespilloides*, *N. vespillo*, *S. tristis*, *P. atrata*, *O. thoracicum*, *N. investigator*. В составе населения доминируют мертвоеды, характеризующиеся полифагией, такие как *S. carinata* Hbst., *N. vespilloides*.

Несмотря на хорошо выраженные миграционные способности у жуков данного семейства, отмечены некоторые особенности биотопических комплексов в долине реки Вятки и определены их индикаторные виды.

### Литература

1. Есюнин С. Л., Козьминых В. О. Тренды разнообразия жуков-мертвоедов (Coleoptera, Silphidae) на Урале // Зоологический журнал, 2000. Т. 79. № 2. С. 171–179.
2. Шаврин А. В. Список жуков-мертвоедов (Silphidae) фауны России // Сайт «Жуки и колеоптерологи» ЗИН РАН, СПб., 2007 ([www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/silph\\_ru.htm](http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/silph_ru.htm)).
3. Шернин А. И. Отряд Жесткокрылые // Животный мир Кировской области / Под ред. А. И. Шернина. Т. 2. Киров, 1974. С. 111–227.
4. Юферев Г. И. Отряд Coleoptera – Жесткокрылые // Животный мир Кировской области (беспозвоночные животные). Т. 5. Киров: Изд-во ВГПУ, 2001. С. 120–180.
5. Целищева Л. Г., Юферев Г. И. Динамика населения мертвоедов (Coleoptera, Silphidae) пойменных сообществ заповедника «Нургуш» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ООО «Лобань», 2012. С. 97–101.
6. Ruzicka J., Schneider J. Silphidae // Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Vol. 2, Hydrophiloidea-Staphylinoidea. Lobl, I. & Smetana A. (ed.). 2004. Steenstrup, 240x170, In English. Hdb, 942 pp.
7. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 288 с.

8. Николаев Г. В., Козьминых В. О. Жуки-мертвоеды (Coleoptera: Agirtidae, Silphidae) Казахстана, России и ряда сопредельных стран. Определитель. Алматы: Казак университеті, 2002. 159 с.

## ВЛИЯНИЕ ГАЛЛОВОГО КЛЕЩА *ERIOPHYES PADI* НА ЛИСТЬЯ ЧЕРЕМУХИ

И. Г. Тычинкина<sup>1</sup>, С. В. Пестов<sup>1,2</sup>, С. Ю. Огородникова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный гуманитарный университет,

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,  
irinatg421@gmail.com, atylotus@mail.ru

Галлообразователи являются одной из широко представленных групп членистоногих вредителей растений. 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 галлообразователями в специфических условиях ослабления растений наблюдается резкое угнетение отдельных кустов или деревьев, а иногда и полное их усыхание [1].

Состояние ассимиляционного аппарата определяет рост и развитие растений [2]. Известно, что в листьях, поврежденных галлами, снижается фотосинтетическая активность [3]. В листьях с галлами, отмечен высокий уровень окислительного стресса, что может приводить к деградации тилакоидов и образованию пластоглобул [4].

Целью данной работы является изучение влияния галлового клеща *Eriophyes padi* Nal. на состояние листьев черемухи.

Сбор материала проводили в августе 2016–2017 гг. в пос. Осиновка Кильмезского района Кировской области и в августе 2017 г. в г. Кирове. Изученные территории относятся к подзоне южной тайги. В окрестностях пос. Осиновка черемуха произрастает в пойме реки Лобань и березняке. В г. Кирове обследовали четыре парка, два из которых находятся в центре города (Александровский сад, парк им. Ю. А. Гагарина), а два на окраине города (Дендропарк, Заречный парк). Кроме парков материал собирали в липовых посадках на трех участках вдоль городских улиц (Ленина, Блюхера и Ключевая). Листья отбирали с растений, находящихся в одинаковых экологических условиях (уровень освещенности, увлажнения и т. д.). Выбирали растения с четко выраженными видовыми признаками, достигшие генеративного возрастного состояния. Отбирали листья из нижней части кроны с разных ее сторон. Для определения степени повреждения растений галлообразователями с каждого участка собирали 100 листьев (по 10 листьев с 10 деревьев). Для определения морфологических параметров на участках с наибольшей степенью повреждения галловыми клещами случайным образом отбирали по 50 поврежденных и 50 неповрежденных листьев. Определяли длину и ширину листа.

Содержание зеленых и желтых пигментов в листьях определяли спектрофотометрически на приборе SPEKOL 1300 (Analytik Jena, Германия) в ацетоновой вытяжке при длинах волн 662 и 644 нм для хлорофилла а и б соответственно [5]. Определение каротиноидов проводили при 470 нм [6].

**Оценка повреждения листьев.** Черемуховый галловый клещ (*E. padi*) образует на верхней стороне листьев булавовидные, рожковидные галлы диаметром до 3 мм и высотой до 5 мм. Входное отверстие галла находится на нижней стороне листа. В окрестностях пос. Осиновка *E. padi* встречался как в самом поселке, так и поймах рр. Осиновка и Лобань. В пойменных сообществах степень повреждения этим галообразователем была значительно ниже, чем в поселке (рис. 1).

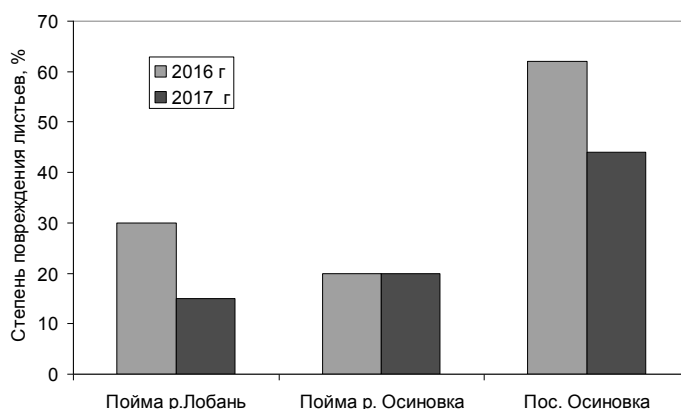


Рис. 1. Повреждение листьев черемухи *E. padi* в окрестностях пос. Осиновка (Кильмезский район)

В г. Кирове степень повреждения листьев черемухи варьировала от 12 до 46% (рис. 2). На участках с более интенсивной антропогенной нагрузкой уровень повреждения несколько уменьшается. Таким образом, по классификации А. В. Селиховкина [7] *E. padi* можно отнести к квазиадаптивным видам.

**Влияние галлообразователей на размеры листа.** На участках максимальной повреждаемости галловыми клещами, проводили сравнительную оценку морфологических особенностей здоровых и поврежденных листьев. В окрестностях пос. Осиновка отмечалось значимое снижение размеров листа на 9–12%, тогда как в г. Кирове значимых различий между здоровыми и поврежденными листьями не наблюдалось (табл. 1).

**Влияние галлообразователей на содержание пластидных пигментов в листьях.** Изучено влияние *E. padi* на содержание фотосинтетических пигментов в листьях черемухи, произрастающей на территории Дендропарка. Повреждение листьев черемуховым галловым клещом приводит к изменению в пигментном комплексе (табл. 2). В листьях с галлами уровень хлорофиллов был ниже, по сравнению с неповрежденными листьями. Среди зеленых пигментов хлорофилл б был более чувствителен к заселению листьев галловым клещом. В листьях с галлами изменялось соотношение хлорофилл а/б, что обусловлено значительным (на 28%) уменьшением уровня хлорофилла б, по сравнению с листьями без повреждений. Известно, что заселение тканей ли-

ста галлами приводит к снижению накопления хлорофиллов [8]. Насекомые-галлообразователи при поражении листьев древесных растений вызывают изменение процессов биосинтеза и деградации хлорофиллов [3]. Каротиноиды, по сравнению с хлорофиллами, были более устойчивы к заселению листа клещом. В неповрежденных листьях и листьях с галлами содержалось одинаковое количество желтых пигментов.



Рис. 2. Повреждение листьев черемухи *E. radi* в г. Кирове

Таблица 1

**Изменение длины и ширины листьев черемухи при повреждении галловым клещом**

Место сбора, год	Размер листа, см		Вариант
	длина	ширина	
Осиновка, 2016	8,8±0,22	4,4±0,11	неповрежденные
	7,7±0,19	4,0±0,08	поврежденные
Осиновка, 2017	8,4±0,18	4,48±0,1	неповрежденные
	7,69±0,22	4,05±0,1	поврежденные
Киров, 2017	8,8±0,21	4,56±0,11	неповрежденные
	8,46±0,27	4,49±0,14	поврежденные

Изучено содержание пластидных пигментов в поврежденных листьях на участках с удаленными галлами. Установлено, что в неповрежденных клещами тканях листа содержание хлорофиллов было в 1,4 раза выше, чем на участках листьев с галлами. Это свидетельствует о значительном угнетении процессов биосинтеза пигментов при заселении растительных тканей галловыми клещами. Также неповрежденные клещами ткани листа отличались повышенным накоплением каротиноидов, чем участки листьев заселенные галлами и листья без галлов.

Таблица 2

**Содержание пигментов в листьях черемухи, пораженных *Eriophyes padi***

Вариант	Содержание, мг/г сухой массы			каротиноиды	а/б	Сумма хл./карот.
	хлорофилл					
	а	б	а+б			
Листья без повреждений	3,81±0,12	2,56±0,09	6,37	0,98±0,02	1,49	6,50
Листья с повреждениями (с галлами)	3,18±0,02	1,84±0,30	5,02	0,99±0,01	1,73	5,07
Листья с повреждениями (с удаленными галлами)	4,11±0,07	2,89±0,28	7,00	1,06±0,01	1,42	6,60

Черемуховый галловый клещ достигает максимальной численности в незначительно трансформированных местообитаниях, в ненарушенных и сильно антропогеннопреобразованных сообществах его численность снижается. Заселение черемухи галловым клещом приводит к уменьшению длины и ширины листьев в слаботрансформированных местообитаниях и практически не оказывает влияния на размеры листа в условиях урбанизированной среды. Галообразователи оказывают влияние на содержание фотосинтетических пигментов в листьях черемухи. Черемуховый галловый клещ вызывает значимое снижение накопления хлорофиллов в листьях, каротиноиды более устойчивы к действию *E. padi*. Выявленные в ходе работы изменения листьев черемухи свидетельствуют об опасности галловых клещей для посадок черемухи в городах.

Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.

**Литература**

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.

Photosynthetic pigments: chemical structure, biological function and ecology. Syktyvkar, 2014: Komi Science Center of the Ural Division of RAS, 448 p.

Huang M.-Y., Chou H.-M., Chang Y.-T., Yang C.-M. The number of cecidomyiid insect galls affects the photosynthesis of *Machilus thunbergii* host leaves // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2014. V. 17. № 2. P. 151–154.

Oliveira D. C., Isaias R. M. S., Moreira A. S. F. P., Magalhães T. A., Lemos-Filho J. P. Is the oxidative stress caused by *Aspidosperma* spp. galls capable of altering leaf photosynthesis? // *Plant Science*. 2011. V. 180. № 3. P. 489–495.

Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // *Биохимические методы в физиологии растений*. М.: Наука, 1971. С. 154–170.

Маслова Т. Г., Попова И. А., Попова О. Ф. Критическая оценка спектрофотометрического метода количественного определения каротиноидов // *Физиология растений*. Т. 39. № 6. 1986. С. 615–619.

Селиховкин А. В. Преобразование комплексов микрочешуекрылых под влиянием загрязнения воздуха: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 1994. 39 с.

Dias G. G., Moreira G. R. P., Ferreira B. G., Isaias R. M. S. Why do the galls induced by *Calophya duvauae* Scott on *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera (Anacardiaceae) change colors? // *Biochemical Systematic and Ecology*. 2013. № 48. P. 111–122.

## ФЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИЛКОВАНИЯ КРЫЛЬЕВ БЛОШЕК РОДА *CREPIDODERA CHEVROLAT*, 1837 (*COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE*)

*И. А. Рымкевич, О. Л. Нестерова*

*Белорусский государственный университет,  
irina\_osorgina@mail.ru, neoxana@gmail.com*

В настоящее время для комплексного изучения популяций организмов свободно применяются методы одного из развивающегося направления популяционной биологии – фенетики. Фенетический подход заключается в выявлении и изучении дискретных вариаций любых признаков (фенов), которые указывают на генетические особенности различных групп особей внутри вида. В свою очередь это позволяет распространить генетические подходы на виды, собственно генетическое изучение которых затруднено или невозможно [1].

Фенетический метод был использован нами для изучения фенофонда различных белорусских популяций листоедов *Crepidodera aurata* (Marsham, 1802).

Проанализированы выборки трех популяций в 2016 году и четырёх популяций в 2017 г. исследования (табл. 1). Всего проанализировано 446 особей.

Таблица 1

**Число особей в исследуемых популяциях**

Название популяции	Место выборки	Количество особей	
		2016 г.	2017 г.
№ 1	г. Минск «Парк им. Н. Г. Грековой»	50	53
№ 2	г. Минск «Лошицкий усадебно-парковый комплекс»	50	59
№ 3	Минская область, Логойский район, д. Мокрадь	–	88
№ 4	Могилевская область, Бельничский район, пос. Осовец	50	96

Примечание: исследование популяции № 3 в 2016 г. не проводилась.

Для оценки фенетического разнообразия использовались традиционные показатели Л. А. Животовского [2, 3, 4], а математическая обработка числовых данных проводилась с занесением информации в стандартную компьютерную программу Microsoft Excel. С её помощью рассчитывались показатели внутривидового разнообразия: среднее число морф ( $\mu$ ), доля редких морф ( $h$ ), а также их статистические ошибки ( $S\mu$ ) и ( $Sh$ ) соответственно. Кроме этого в программе вычислялись показатели сходства популяций ( $r$ ) при попарном сравнении выборок. Значения показателей отражены в таблице 3 и 4.

В качестве дискретных единиц – фенов рассматривались особенности жилкования заднего крыла. Выделение фенов жилкования проводилось по форме жилок, их расположению, исчезновению отдельных продольных или поперечных жилок, разветвлению, наличию добавочных жилок и других образований на крыле (рис.).

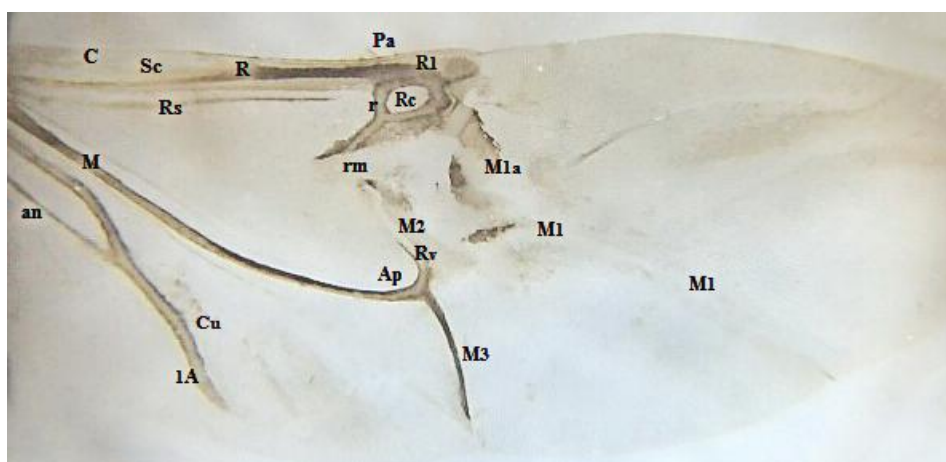


Рис. Жилкование нижнего крыла *Chrysomelidae* (авт. фото):  
 C – костальная, Sc – субкостальная, R – радиальные, RS – сектор радиуса,  
 M1-M2-M3 – медиальные, Cu – кубитальная, A – анальная; ячейки:  
 Pa – птеростигматическая ячейка, Rc – радиальная, Ap – медиальная,  
 an – анальная

На основе всего исследуемого материала всего было выделено 38 фенов жилкования крыла, формирующих 30 различных фенокомплексов, что является показателем высокой внутривидовой и межвидовой изменчивости. Количество выделенных фенов и фенокомплексов в каждой популяции представлено в таблице 2.

Таблица 2

**Общее число фенов и фенокомплексов, выделенных  
 в исследованных выборках**

Название популяции	2016 г.		2017 г.	
	Количество фенов	Количество фенокомплексов	Количество фенов	Количество фенокомплексов
№ 1	10	7	5	3
№ 2	14	9	9	5
№ 3	–	–	9	4
№ 4	14	11	22	11

Таблица 3

**Значения показателей внутривидового разнообразия популяций  
*Crepidodera aurata* по жилкованию заднего крыла**

Популяция	Год сбора	$\mu \pm S\mu$	$h \pm Sh$	Число феноккомплексов
№ 1	2016	3,08±0,3	0,49±0,04	7
	2017	2,09±0,19	0,31±0,06	3
№ 2	2016	4,12±0,4	0,48±0,06	9
	2017	2,96±0,3	0,4±0,06	5
№ 3	2017	2,46±0,2	0,38±0,05	4
№ 4	2016	4,86±0,55	0,55±0,05	11
	2017	5,51±0,56	0,5±0,05	11

Примечание:  $\mu$  – среднее число морф;  $h$  – доля редких морф

Таблица 4

**Результаты попарного сравнения выборок**

Сравниваемые выборки популяций	Показатель сходства, $r$
№ 1 и № 2	0,6
№ 1 и № 3	0,6
№ 1 и № 4	0,5
№ 2 и № 3	0,57
№ 2 и № 4	0,46
№ 3 и № 4	0,46

Примечание:  $r$  – частота общих морф

Анализируя изменчивость жилкования крыльев, мы выявили феномен флуктуирующей асимметрии (табл. 5), характеризующееся незначительными ненаправленными отклонениями от билатеральной симметрии [5].

Таблица 5

**Частота встречаемости асимметричных особей (%) *Crepidodera aurata***

Популяции	Объем выборки, количество особей	Доля асимметричных особей, %
№ 1	53	18,8
№ 2	59	22
№ 3	88	17
№ 4	96	29,1

В результате фенетического исследования жилкования крыльев установлено:

1) изменчивость медиальной жилки по своей форме, наличие добавочных площадок около радиальной жилки, отмечены скопления хитинизированных участков на различных частях крыла исследуемых объектов, зафиксированы случаи усиленной склеротизации по всей поверхности крыла, случаи повреждения крыльев;

2) во всех популяциях наблюдается неравномерное распределение частот морф; выделены три общих для всех популяций феноккомплекса, доминирующий феноккомплекс (рис.) встречался с частотой от 62,5 до 81,1%, что является показателем стабильности популяций, остальные феноккомплексы



встречались с редкой частотой; во всех исследуемых популяциях преобладают самки, и на них приходится большее число редких морф, следовательно, особи женского пола более вариабельны по жилкованию заднего крыла;

3) наибольшим сходством при попарном сравнении выборок с использованием показателя сходства, обладают популяции жуков № 1 и № 2 из выборок г. Минска ( $r=0,6$ ), что объясняется близким расположением мест выборок; при сравнении наиболее отдаленных мест выборок из популяций № 3 и № 4 значение показателя равно 0,46, что отражает меньшую схожесть популяций;

4) доля асимметричных особей в исследуемых популяциях примерно одинакова (17–22%), однако повышенное значение показателя асимметрии в популяции № 4 (29,1%) указывает на наличие в среде обитания негативного фактора.

### Литература

1. Яблоков А. В., Ларина И. И. Введение в фенетику популяций. М.: Высш. школа, 1985. 160 с.
2. Животовский Л. А. Показатели сходства популяций по полиморфным признакам // Журн. общая биология. 1979. Т. 40. № 4. С. 587–602.
3. Животовский Л. А. Показатель популяционной изменчивости по полиморфным признакам // Фенетика популяций. М.: Наука, 1982. С. 38–44.
4. Животовский Л. А. Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991. 271 с.
5. Захаров В. М. Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход). М.: Наука, 1987. 213 с.

## ИЗМЕНЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛИСТЬЕВ ЛИПЫ СЕРДЦЕВИДНОЙ (*TILIA CORDATA* L.) ЧЛЕНИСТОНОГИМИ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

**В. В. Зиновьев<sup>1</sup>, С. В. Пестов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Вятский государственный университет,

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,  
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 загряз-

нения 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 10 листьев (по 10 листьев с 10 деревьев). На территории города Кирова в период сентября 2015–2017 гг. Время сбора в сентябре было выбрано из-за того, что к концу сезона наблюдается более полная картина повреждаемости листьев. 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 5 типов повреждений филлофагами липы зеленых насаждений в черте города Киров (табл.).

Таблица

**Степень повреждения листьев (%) липы в г. Кирове**

Участок	Типы повреждений				
	Галлообразователи	Минирование	Краевые погрызы	Скелетирование	Дырчатые погрызы
2015 г.					
Заречный парк	8	23	9	0	24
Сквер	5	7	9	0	14
Дендропарк	0	69	23	4	22
Парк имени С. М. Кирова	40	45	11	1	7
Чижи	52	0	22	0	2
2016 г.					
Заречный парк	15	11	22	0	45
Сквер	8	10	12	3	12
Дендропарк	12	64	38	2	34
Парк имени С. М. Кирова	13	15	16	0	20
Чижи	5	0	13	0	4
2017 г.					
Заречный парк	5	0	24	4	55
Сквер	3	0	10	1	30
Дендропарк	3	18	28	5	30
Парк имени С. М. Кирова	12	0	9	1	26
Чижи	23	1	25	14	25

Наибольшее значение имели повреждения листогрызущих насекомых, в 2015 году, стали минирующие виды. Они отмечены на всех участках, кроме участка в окрестностях сл. Чижи. Из минеров наиболее широко распространена липовая минирующая моль-пестрянка (*Phyllonorycter issikii* Kumata, 1963).

В период сентября 2016 г. также, наибольшая повреждаемость была представлена минерами, максимум был зафиксирован в точке сбора – Денд-

ропарк (64 повреждения), а минимум скверу на перекрестке улиц Воровского и Чапаева, где была нулевая встречаемость.

Сравнивая данные 2017 г., с результатами наблюдений которые были произведены на тех же участках в 2015, 2016 гг. [2, 3], то можно сделать выводы о возрастающем значении листогрызущих филлофагов. Численность такого типа повреждения как галлообразование, которое было самым массовым в 2016 г., заметно снизилось. Минирование в 2015 и 2016 гг. было одним из наиболее массовых типов повреждения, но в 2017 г. представлено в наименьшей степени по сравнению с другими типами повреждений.

Дифференциальную пространственную распространенность вредителей, можно объяснить, различной интенсивностью антропогенной нагрузки на участки сбора проб. Как можно заметить, наибольшая повреждаемость характерна для участков особо охраняемых природных территорий, а именно для участков как: парк им. С. М. Кирова (1), дендропарк лесоводов Кировской области (2), заречный парк (4), и на участке слобода Чижи (5) которая не является ООПТ, напротив, наименьшая повреждаемость характерна для участка сквер на перекрестке улиц Воровского и Чапаева (3) и слобода Чижи (5). Наибольшее число повреждений было обнаружено на участке 4,5 исходя из этого факта, можно сделать вывод что, окружающая природная среда на данном участке в наибольшей степени пригодна для жизнедеятельности вредителей липы.

*Выполнено в рамках госзадания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 0414-2018-0003.*

#### 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. Кн. 1. Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 419–421.
3. 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. Кн. 2. Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2017. 275 с.

### **ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ПЛАНКТОННЫЕ БИОЦЕНОЗЫ СОДОВО-СОЛЕННЫХ ОЗЕР ДАУРСКОГО ЭКОРЕГИОНА (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)**

*Е. Ю. Афонина, Н. А. Ташлыкова*

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,  
kataf@mail.ru*

Даурия представляет собой северную часть Центральной (Внутренней) Азии. Экологическое состояние этого региона особо зависит от климатиче-

ских изменений. Северо-восточная область Даурского экорегиона включает Восточно-Монгольскую высокую равнину, ограниченную на востоке Большим Хинганом, на западе – Хэнтеем, а также лесостепные и степные районы Забайкальского края [1]. Для Даурии свойственны неравномерность хода процессов во времени, частая смена морфодинамических режимов [2], подчиняемых внутривековым циклам продолжительностью 27–35 лет, контролируемые ходом атмосферного увлажнения, при котором относительно влажные и очень холодные периоды чередуются с сухими и относительно теплыми [3]. Хорошо выраженная цикличность проявляется в многолетних изменениях уровня крупнейших Торейских озер [3–6].

Цель работы – изучить влияние факторов среды на развитие планктонных сообществ в содово-соленых озерах Даурского экорегиона вследствие климатических флуктуаций. Результаты работ основаны на многолетних сборах (годы с высоким уровнем воды – 1999, 2003 и низким – 2007, 2011, 2014, 2016) фито- и зоопланктона в 15 озерах (рис.).

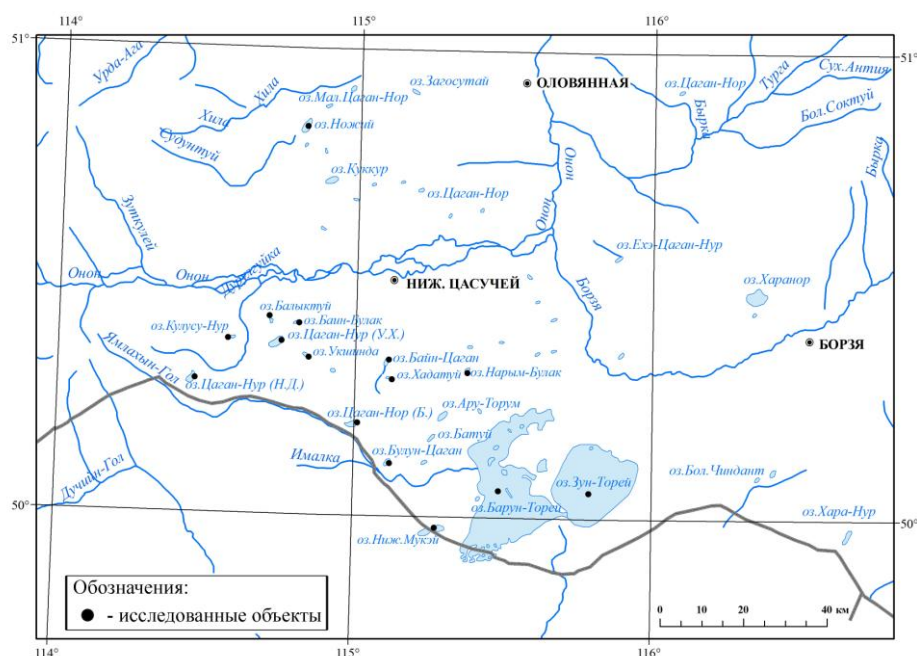


Рис. Карта-схема расположения содово-соленых озер Даурского экорегиона

По гидрохимическому составу озерные воды гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые и высокощелочные. Общая минерализация колебалась от пресных и олигогалинных (от 0,43 до 2,57 г/л в 1999 г.) до гипергалинных (от 58,1 до 81,36 в 2014 г.), рН – от 8,5–9 до 9,1–9,9 соответственно [7–10]. Температура воды в летние месяцы изменялась от 18,4–24 °С (в 1999 г.) до 21,2–28,8 °С (в 2014 г.). Понижение уровня воды вызвало уменьшение глубин в озерах в 1,4–4,6 раз, вплоть до полного высыхания некоторых из них.

Сбор и обработку планктонных образцов проводили согласно стандартным гидробиологическим методам [11, 12]. Расчет числовых показателей проводили в программе Microsoft Excel.

В составе фитопланктона зарегистрировано 89 таксонов водорослей рангом ниже рода, относящихся к 7 отделам: Cyanobacteria, Bacillariophyta, Cryptophyta, Heterokontophyta, Charophyta, Chlorophyta, Euglenophyta. В эколого-географическом отношении основная масса водорослей представлена планктонно-бентосными формами (70,2%), имеющими широкое географическое распространение (87,5%), индифферентами по отношению к солености воды (88,8%), алкалифилами по отношению к pH (61,5%). К часто встречающимся видам отнесены: *Oocystis borgei*, *O. submarina*, *Tetrastrum komarekii*, *Ankyra ancora*, *Schroederia robusta*, *S. setigera*, *Cyclotella* sp., *Coconeis placentula*, *Merismopedia minima*, *Aphanizamenon flos-aquae*, *Oscillatoria amphibia*, *Cryptomonas marsonii*, *Euglena* sp. [13, 14].

Общий список зоопланктона включал 63 вида и подвида, из которых Rotifera – 27 таксонов (42,9% от общего числа видов), Copepoda – 22 вида (34,9%), Cladocera – 13 (20,6%) и Anostraca – 1 (1,6%). Согласно эколого-географического анализа в видовом составе преобладали широко распространенные (53%) и эврибионтные виды (41%). Часто встречающимися видами являлись *Hexarthra mira*, *Filinia longiseta*, *Daphnia magna*, *Moina brachiata*, *Diaphanasoma mongolianum*, *Arctodiaptomus neithammeri*, *A. bacillifer*, *Cyclops strenuus* [15, 16].

Гидрофизические (уменьшение глубины, повышение летних температур воды) и гидрохимические (увеличение минерализации и pH) преобразования среды вследствие климатических колебаний привели к изменению в разнообразии и структуре планктонных биоценозов. В полноводные годы при минерализации 0,43–7,91 г/л, pH 8,5–9,3 и температуре 17,3–24 °C отмечалось 13,9±3,6 таксонов водорослей и 8,4±2 видов зоопланктона, являющихся преимущественно видами-галоксенами, распространенными в пресных и солоноватых озерах. В маловодные годы (TDS = 1,8–21,3 г/л, pH = 9,0–9,9, t = 20,4–26,4 °C) качественный состав фито- и зоопланктона уменьшался до 9,3±2,3 и 6,8±0,7, соответственно, за счет выпадения пресноводных и стеногалинных видов (*Chrysococcus rufescens*, виды рода *Staurastrum*, *Asplanchna girodi*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Bosmina longirostris*, *Coronatella rectangula*, *Acantodiaptomus denticornis*, *Mesocyclops leuckarti*). Основу видового состава определяли эвригалинные виды. В дальнейшем при повышении солености выше 50 г/л и температуры воды выше 28 °C планктоценоз состоял из галофильных и галобионтных видов (4±2,1 таксона водорослей и 1,5±0,4 видов беспозвоночных), таких как *Oocystis borgei*, *Cryptomonas marsonii*, *Aphanizamenon flos-aquae*, *Oscillatoria amphibia*, *Brachionus plicatilis*, *Artemia salina*.

Достоверные корреляционные связи между численностью массовых видов фито- и зоопланктона и абиотическими показателями среды отмечались преимущественно в годы с низким уровнем воды. Численность *Oocystis borgei* увеличивается с повышением температуры воды, *Merismopedia minima* – с глубиной и прозрачностью. При увеличении pH снижается численность *Oocystis submarina*, *Hexarthra mira*, *Filinia longiseta*, *Diaphanasoma brachyurum*.

Отрицательная корреляция отмечается между температурой и ракообразными *D. brachyurum*, *Daphnia magna*, *Mixodiatomus incrassatus*, *Eucyclops serrulatus*. Численность *Aphanizomenon flos-aquae* и *Brachionus plicatilis* положительно коррелирует с соленостью, *H. mira* и *Cyclops strenuus* – отрицательно (табл.).

Таблица

**Корреляционные связи численности массовых видов  
фито- и зоопланктона с абиотическими показателями  
в разные по водности годы**

Вид	Н	TR	pH	T	TDS
Полная вода					
<i>Oocystis borgei</i>	–	–	–	0,47*	–
Низкая вода					
<i>Oocystis submarina</i>	–	–	–0,54**	–	–
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	–	–	–	–	0,83***
<i>Merismopedia minima</i>	0,59*	0,53*	–	–	–
<i>Brachionus plicatilis</i>	–	–	–	–	0,82***
<i>Hexarthra mira</i>	–	–	–0,56**	–	–0,41*
<i>Filinia longiseta</i>	–	–	–0,59**	–	–
<i>Chydorus sphaericus</i>	–	0,52*	–	–	–
<i>Diaphanasoma mongolianum</i>	–	–	–0,42*	–0,64**	–
<i>Daphnia magna</i>	–	–	–	–0,45*	–
<i>Mixodiatomus incrassatus</i>	–	–	–	–0,62**	–
<i>Eucyclops serrulatus</i>	–	–	–	–0,41*	–
<i>Cyclops strenuus</i>	–	–	–	–	–0,43*

Примечание: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; Н – глубина, TR – прозрачность, T – температура воды, TDS – минерализация.

Таким образом, фито- и зоопланктон содово-соленых бессточных озер Даурского экорегиона представлен озерно-прудовым комплексом эврибионтных и эвригалинных видов с широким географическим распространением. Гидрологические и гидрохимические изменения вследствие климатических флуктуаций определяли смену гидробиологического режима. Основными факторами, влияющими на развитие планктонных сообществ, являлись минерализация вод, pH и температура воды.

*Работа выполнена в рамках проекта ФНИ IX.137.1.2.*

#### Литература

1. Кириллюк О. К., Ткачук Т. Е. Даурия как экологический регион // Проблемы адаптации к изменению климата в бассейнах рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты. Чита: Экспресс-издательство, 2012. С. 7–13.
2. Баженова О. И. Современная динамика озерно-флювиальных систем Онон-Торейской высокой равнины (Южное Забайкалье) // Вестник ТГУ. 2013. № 371. С. 171–177.
3. Обязов В. А. Изменение климата и гидрологического режима рек и озер в Даурском экорегионе // Проблемы адаптации к изменению климата в бассейнах рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты. Чита: Экспресс-издательство, 2012. С. 24–45.
4. Фриш В. А. Торейский эксперимент // Природа. 1972. № 2. С. 60–64.

5. Кренделев Ф. П. Периодичность наполнения и высыхания Торейских озер (Юго-Восточное Забайкалье) // Докл. АН СССР. 1986. Т. 287. № 2. С. 396–400.
6. Замана Л. В., Обязов В. А. Динамика уровня и гидрохимического режима Торейских озер в 20-м веке // Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами: Тезисы междунар. конф. В 2 т. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. Т. 1. С. 98–99.
7. Замана Л. В., Борзенко С. В. Гидрохимический режим соленых озер Юго-Восточного Забайкалья // География и природные ресурсы. 2010. № 4. С. 100–107.
8. Замана Л. В., Вахнина И. Л. Гидрохимия соленых озер юго-восточного Забайкалья в фазу аридизации климата в начале XXI века // Междунар. журнал приклад. и фундамент. исслед. 2014. № 11(4). С. 608–612.
9. Куклин А. П., Цыбекмитова Г. Ц., Горлачева Е. П. Состояние водных экосистем озер Онон-Торейской равнины за 1983–2011 годы (Восточное Забайкалье) // Аридные экосистемы. 2013. № 19 (3). С. 16–26.
10. Цыбекмитова Г. Ц., Белозерцева И. А. Гидрохимия соленых озер Онон-Борзинского междуречья (Забайкальский край) // Вода: химия и экология. 2014. № 2. С. 3–8.
11. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. В 2 т. Л.: Наука, 1969. Т. 1. 658 с.
12. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Изд-во «Университет и школа», 2003. 157 с.
13. Ташлыкова Н. А. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика летнего фитопланктона Торейских озёр // Уч. записки ЗабГУ. Сер. Биол. науки. 2017. Т. 12. № 1. С. 52–59.
14. Ташлыкова Н. А., Афонина Е. Ю., Итигилова М. Ц. К изучению летнего планктона Торейских озер // Природоохранное сотрудничество в трансграничных экологических районах: Россия – Китай – Монголия: Сб. науч. матер. Вып. 1. Чита: Экспресс-издательство, 2010. С. 280–285.
15. Афонина Е. Ю., Итигилова М. Ц. Динамика зоопланктона соленых озер юго-восточного Забайкалья в разные климатические периоды // Вестник БГУ. 2015. № 4. С. 104–105.
16. Афонина Е. Ю., Итигилова М. Ц. Состав и структура зоопланктона минерализованных озер Онон-Торейской равнины (Забайкальский край) // Фауна Урала и Сибири. 2018. № 1.

**БИОЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ г. КИРОВА  
ЯЙЦАМИ *TOXOCARA CANIS***

*А. И. Береснева, О. В. Масленникова*  
*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*  
*olgamaslen@yandex.ru*

Паразитарные болезни входят в число наиболее распространенных заболеваний на территории Российской Федерации после ОРВИ [1]. Все большее значение среди гельминтозов в этом плане занимает токсокароз. В последние годы в Российской Федерации значительно возросло число случаев этого паразитоза за счет совершенствования и широкого внедрения в практику здравоохранения методов его иммунодиагностики. По мнению В. П. Сергиева и др. [2], распространенность токсокароза в связи с его динамизмом, а также

сопряженностью с соматической патологией существенно превосходит официально регистрируемые масштабы. Заболеваемость данным гельминтозом в Российской Федерации в 2009 г. увеличилась по сравнению с 2001 г. в 2 раза и составила, по данным официальной статистической отчетности, 1,6 на 100 тыс. населения у взрослых и 7,7 – у детей.

Согласно официальным данным статистической отчетности Управления Роспотребнадзора по Кировской области первый случай заболеваемости токсокарозом в Кировской области зарегистрирован в г. Кирове в 1997 г. (0,2 на 100 тыс. населения).

Токсокароз заслуживает особого внимания в связи с высокой серопозитивностью населения региона, пораженностью данным гельминтозом собак и высокой степенью контаминации яйцами *Toxosaga canis* объектов окружающей среды.

В 2017 г. токсокароз у населения выявлен практически во всех районах Кировской области. Наивысшие показатели зараженности зарегистрированы в следующих районах области (на 100 тыс. населения): Уржумском (24,5); Кильмезском (24,5); Фаленском (24,5); Богородском (23,2); Верхнекамском (23,5); Нагорском (22,7); Мурашинском (17,5) районах. Более низкие показатели: Немском (14,1); Омутнинском (14,5); Унинском (14,5); Санчурском (11,6); Опаринском (10,5); Пижанском (10,1); Яранском (8,3); Афанасьевском (7,9); Юрьянском (7,8); Котельничском (5,3) районах. Самые низкие показатели зараженности населения токсокарозом (на 100 тыс. населения) отмечены в Слободском (1,5), Кирово-Чепецком (1,0) районах и г. Кирове – 0,4 [3].

Широкое распространение токсокароза среди населения во многом зависит от эколого-гельминтологического состояния среды обитания его возбудителя. Несоблюдение правил содержания собак, отсутствие дезинвазии их экскрементов приводит к контаминации почвы возбудителем токсокароза [4].

Цель исследования – определение обсемененности объектов окружающей среды (почвы) и ее загрязнителями (фекалиями) яйцами *Toxocara canis*.

Исследования проводились с 01.05.2017 г. по 31.09.2017 г. на кафедре экологии и зоологии в ФГБОУ ВО Вятская ГСХА в специализированном лабораторном комплексе. Объектами исследований послужили 300 обезличенных экскрементов псовых и 15 объединённых проб почвы, отобранные в парке им. Кирова, парковой зоне вблизи «Дворца пионеров–мемориал» и площадка для выгула собак в жилом комплексе Метроград г. Кирова. Пробные площадки закладывались на участках с однородным почвенным и растительным покровом. Отбор проб почвы осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 [5]. Пробы почвы исследовали по методу Романенко [6], пробы кала методом Фюллеборна [7].

Результаты исследований показали, что почва разных типов объектов г. Кирова имеет характерные различия в степени обсемененности яйцами токсокар. В максимальной степени контаминирована почва с территорий парка им. Кирова, парковой зоны вблизи Дворца пионеров-мемориал, что обусловлено нахождением большого количества бродячих и безнадзорных собак в



этих местах (48% исследуемых проб положительны). Низкие показатели обсемененности почвы яйцами токсокар отмечены на специально оборудованной площадке для выгула собак в жилом комплексе Метроград г. Кирова, это обусловлено защищенностью территории от проникновения бродячих и бездомных собак, новизной сооружения и соблюдением санитарно-эпидемиологических правил содержания площадки – 12% исследуемых проб положительны (таблица). Средний показатель обсемененности почвы на исследуемых площадках яйцами токсокар составил 36%.

Таблица

**Контаминация почв и экскрементов собак яйцами *Toxocara canis* (%) в г. Кирове**

Показатель \ Место отбора проб	Парк им. С. М. Кирова	Парковая зона вблизи Дворца пионеров-мемориал	Площадка для выгула собак в жилом комплексе Метроград г. Кирова
Кол-во положительных проб почвы	48	48	12
Кол-во положительных проб экскрементов	28	21	7

В мае контаминация почвы яйцами токсокар была самой низкой и составила 6,6%, что обусловлено гибелью большого количества яиц в зимнее время при низкой температуре. Летом обсемененность почвы яйцами токсокар повысилась до 33,3%, за счет высоких температур и влажной почвы.

В сентябре контаминация почвы яйцами токсокар была самой высокой и достигала в среднем по городу 73,3%, за счет аккумуляции инвазии и её сохранения (рис.).

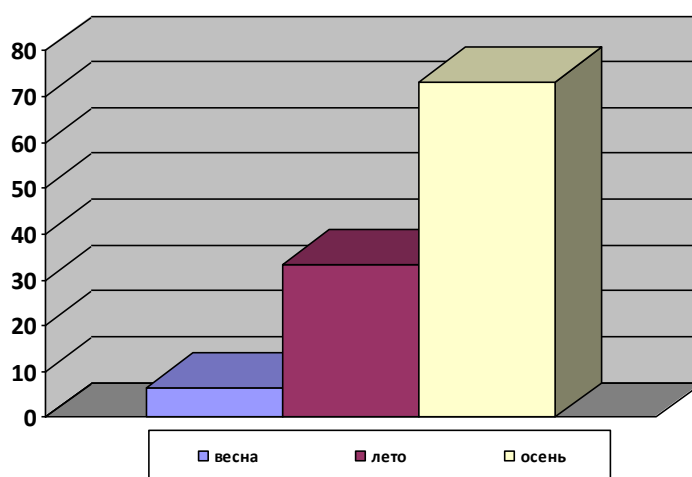


Рис. Обсемененность почвы яйцами *Toxocara canis* (%) в зависимости от сезона года в г. Кирове

Яйца паразитов попадают в окружающую среду вместе с испражнениями собак и прочих животных, зараженных нематодами *Toxocara canis*. В ходе лабораторных исследований фекалий собак, отобранных в тех же местах, что и пробы почвы было установлено следующее. Яйцами токсокар заражены

28% исследуемых проб фекалий с территорий парка им. Кирова, 21% исследуемых проб фекалий с территории парковой зоны вблизи Дворца пионеров–мемориал и 7% проб фекалий заражено яйцами токсокар, отобранных на специально оборудованной площадке для выгула собак в жилом комплексе Метроград г. Кирова (таблица). Средний показатель зараженности собак токсокарами составил 18,7%. При сравнении зараженности почвы и экскрементов собак яйцами *Toxocara canis* прослеживается прямо пропорциональная зависимость – зараженность почвы яйцами токсокар напрямую зависит от загрязненности почвы экскрементами псовых.

Средний показатель обсеменности почвы яйцами *Toxocara canis* на трех площадках города Кирова составил 36%. Наибольший процент загрязнения почвы яйцами токсокар выявлен в парке им. Кирова и парковой зоне вблизи Дворца пионеров–мемориал – 48%. Зараженность собак токсокарами составила 18,7%. Прослеживается прямая зависимость биологического загрязнения почвы от зараженности собак *T. canis*, посещающих эти территории.

#### Литература

1. Романенко Н. А., Малышева Н. С. Экологические основы профилактики паразитарных болезней. М., 2006. 326 с.

2. Сергиев В. П., Успенский А. В., Романенко Н. А. и др. Новые и возвращающиеся гельминтозы как потенциальный фактор социально-эпидемических осложнений в России // Мед. паразитол. 2005. № 4. С. 6–8.

3. Распределение заболеваемости по районам [электронный ресурс] [http://www.43.rospotrebnadzor.ru/stat/morbid/report\\_3.php?id\\_morb=20209000&id\\_year=2017&id\\_period=19&id\\_kateg=1](http://www.43.rospotrebnadzor.ru/stat/morbid/report_3.php?id_morb=20209000&id_year=2017&id_period=19&id_kateg=1) (дата обращения 31.03.2018)

4. Васерин Ю. И., Осмоловский С. А., Хроменкова Е. П. и др. Токсокароз в условиях малого города юга России // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. М., 2005. Вып. 6. С. 65–66.

5. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

6. Романенко Н. А., Падченко И. К., Чебышев Н. В. Санитарная паразитология. М.: Медицина, 2000. 320 с.

7. Котельников Г. А. Гельминтологические исследования окружающей среды. М.: Росагропромиздат, 1991. 144 с.

## ТАРАНДНЫЙ ЦИСТИЦЕРКОЗ ЛОСЯ В РЕСПУБЛИКЕ УДМУРТИЯ

**О. В. Масленникова, С. А. Котельников**

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
olgamaslen@yandex.ru*

Лось (*Alces alces* L., 1758) является важнейшим объектом охоты. Во многих регионах страны, в том числе и в Удмуртской Республике (УР), он составляет основную часть валового объема охотничьей продукции по мясу, играет существенную роль в экономике охотничьего хозяйства. Мясо лося явля-

ется ценным пищевым продуктом, но при использовании его в пищу оно должно пройти ветсанэкспертизу на различные паразитарные заболевания.

После депрессии численности лося в 90-х годах прошлого столетия в настоящее время наблюдается рост его численности и параллельно с ним растет численность волка. Волк является дефинитивным хозяином многих цестод, личинки которых локализуются в различных органах и тканях лося. Таковыми являются тениюкольный цистицерк, эхинококк и тарандный цистицерк. Местами локализации тонкошейного цистицерка являются сальник и брыжейка, изредка печень. Личинки эхинококка у лося чаще локализуются в легком, реже в печени. Тарандный цистицерк поражает мускулатуру лося и сердце, снижая качество мяса, при сильной инвазии ведет к утилизации туши.

В России ларвоцисты *Taenia krabbei* регистрируются всюду, где обитает северный олень. У домашнего северного оленя зараженность тарандным цистицерком достигала 76,9% [1]. В настоящее время в Ямало-Ненецком АО она составляет  $36,2 \pm 3,3\%$  [2].

Впервые ларвоцисты *T. krabbei* у лося они были диагностированы В. Ф. Юшковым в Республике Коми [3]. На территории республики Удмуртия таких исследований не проводилось, поэтому изучение зараженности лосей тарандным цистицерком на данной территории является весьма актуальной задачей.

На территории ООО «Удмуртохота ООО», расположенной на юго-восточной границе с Кировской областью в течение трех охотничьих сезонов с 2015–2017 гг. проводилось изучение зараженности лосей личинкой цестоды *T. krabbei*. За этот период путем резекции сердца и жевательных мышц (массетеров) исследовано 78 туш лосей. При сильном заражении исследовались и другие группы мышц. Идентифицировали обнаруженных личинок. В 2016–2017 гг. определялась плодовитость лосей по промысловой пробе. Используются данные из Министерства Природных ресурсов Удмуртской Республики по численности лося и волка за данный период времени на территории республики и хозяйства. Рассчитана плотность лося в хозяйстве. Собраны опросные данные по зараженности лосей на территории охотхозяйства.

Впервые личинки тарандного цистицерка у лося (финноз) на территории ООО «Удмуртохота ООО» обнаружены в 2002 г. в урочище Чулья на границе с Казанским заказником. Северо-западная граница охотхозяйства разграничивает Кировскую область и Республику Удмуртия. В соседней Кировской области в 1972 г. в сердце у добытого лося впервые были обнаружены личинки цестоды *T. krabbei* – тарандный цистицерк [4]. В последующие годы распространение финноза у лося изучено ветеринарной службой Кировской области. Цистицеркоз тарандный был выявлен у лосей в 35 из 39 районах. Экстенсивность инвазии была небольшой 3,45–4,72%. Проведено исследование мускулатуры 5 туш лосей, зараженных *S. tarandi*. Интенсивность инвазии колебалась от 71 до 345 ларвоцист. Наибольшее количество их обнаружено в сердечной мышце от 2,8 до 27 цистицерков на 1 кг. В 1 кг скелетной мускулатуры было от 0,6 до 2,8 ларвоцист. Таким образом, у лося максималь-

ное количество личинок поселяется в сердце и значительно меньше в скелетной мускулатуре [4]. В 1995–1996 гг. ларвальные цестодозы лосей изучались на территории Зуевского и Фаленского районов Кировской области. Из 8 исследованных лосей у 7 в сердце были обнаружены ларвоцисты *T. krabbei*. Интенсивность инвазии была небольшой – 2,4 (1–5,5) личинок в 1 кг сердечной мышцы. Максимально в сердце лоса мы находили до 32 личинок [5]. В Вологодской области инвазированность лоса *S. tarandi* составила 22,92%. [6].

На территории охотхозяйства ООО «Удмуртохота ООО» за три охотничьих сезона выявлено 20 лосей, инвазированных личинками цестоды *T. krabbei*, что составляет в среднем  $25,2 \pm 2,4\%$ . В 2015–2017 гг. процент зараженных тарандным цистицерком лосей был примерно одинаков и составил 22,2–23,3% (табл. 1). Интенсивность инвазии также была небольшой. В сердце в среднем находили по 5–6 личинок цестоды. В сезон охоты 2017–2018 гг. процент зараженных лосей увеличился до 30%. Увеличилась и интенсивность инвазии.

Таблица 1

**Заражённость лосей ларвоцистами *T. krabbei* на территории охотхозяйства ООО «Удмуртохота ООО»**

Охотничьи сезоны, гг.	Количество добытых лосей (особи)	Количество зараженных лосей (особи)	% зараженных лосей
2015–2016	18	4	22,2
2016–2017	30	7	23,3
2017–2018	30	9	30,0

В 22 декабря 2017 г. в урочище Чулья была добыта лосиха в возрасте 7,5 лет с высокой степенью инвазии. При исследовании сердца на каждом срезе было обнаружено по 3–4 личинки *T. krabbei*. В сердце насчитывалось более 100 личинок. Множество личинок было выявлено в мускулатуре этого лоса. Данного лоса пришлось утилизировать. На данном промысловом участке (в Кизнерском районе, урочище Чулья) добывается около 60% лосей. Именно здесь регистрируется финноз у лоса. Кроме того, при исследовании плодовитости выяснилось, что данная лосиха была яловой.

При анализе численности лоса в хозяйстве, выяснилось, что рассчитанная плотность достигает 2,48–5,45 особей на 1000 га лесопокрытой площади, что значительно меньше, чем в хозяйствах на территории Кировской области (табл. 2).

Таблица 2

**Численность, плотность и добыча лосей на территории ООО «Удмуртохота ООО»**

Охотничьи сезоны, гг.	Численность лоса (особей)	Плотность лоса (особей на 1 тыс. га лесопокрытой площади)	Добыто лосей (особей)	самки		самцы	
				Кол-во	%	Кол-во	%
2015–2016	258	2,48	18	–	–	–	–
2016–2017	431	4,14	30	18	60	12	40
2017–2018	567	5,45	30	16	53,3	14	46,7

В промысловой пробе 2016–2018 гг. наблюдалось превышение численности отстрелянных самок. По статистике отстрел самок увеличивается при добыче в зимние месяцы, особенно в январе. В охотхозяйстве ООО «Удмуртохота ООО» отстрел лося заканчивался в декабре. Отстрел преимущественно самцов в хозяйстве не практикуется, поэтому промысловая проба отражает в какой-то степени состояние группировки лосей, обитающих на данной территории.

Эмбриональная плодовитость лося в хозяйстве в сезон охоты 2016–2017 гг. составила 2 эмбриона на 1 самку, в 2017–2018 гг. она снизилась и составила 1,6 эмбриона.

Увеличение зараженности лосей финнозом свидетельствует об увеличении численности окончательного хозяина цестоды *T. krabbei* – Министерства Природных ресурсов Удмуртской Республики численность волка в хозяйстве в 2017 г. составила 3 головы, а в 2015–2016 гг. волк в хозяйстве не был зарегистрирован. В целом по Республике численность волка составляла от 58 голов в 2016 до 62 голов в 2017 гг. В сезон охоты 2017–2018 гг. в УР добыто охотниками 55 волков (24 сеголетка и 31 взрослый) [7], что свидетельствует о возросшей численности волка в Республике и конкретно в хозяйстве. По опросным данным и мнению егерей численность волка в хозяйстве, а именно вблизи урочища Чулья, гораздо выше учетных данных, полученных из Министерства Природных ресурсов Удмуртской Республики, и составляет, примерно, 10 волков.

*Заключение.* ООО «Удмуртохота ООО» тарандный цистицеркоз у лося впервые выявлен в 2002 г. Средняя зараженность лося личинкой цестоды *T. krabbei* составила  $25,2 \pm 2,4\%$ . В 2017 г. наблюдалось увеличение эктенсивности и интенсивности инвазии, что, по-видимому, связано с увеличением численности волка.

### Литература

1. Мицкевич В. Ю. Гельминты северного оленя и вызываемые ими заболевания. Л., 1967. 182 с.
2. Закревский С. Р. Влияние цистицеркоза на пантовую продуктивность северных оленей в условиях Ямало-Ненецкого автономного округа // Сб. науч. тр. ВНИИ вет. энтомологии и арахнологии. Тюмень, 2007. Т. 48. С. 41–44.
3. Юшков В. Ф. Гельминтофауна млекопитающих (насекомоядные, хищные, зайцеобразные, грызуны) Коми АССР // Теоретические вопросы общей гельминтологии: Труды ГЕЛАН. М.: Наука, 1971. Т. 22. С. 232–248.
4. Колеватова А. И., Васенин Ю. А., Масленникова О. В. Цистицеркоз тарандный у лося // Охотоведение и природопользование: Тез. докл. научно-практ. конференции, посвященной 30-летию юбилею начала подготовки биологов-охотоведов. Киров: ВГСХА, 1995. С. 76–77.
5. Масленникова О. В. Ларвальные цестодозы лосей в охотхозяйстве Вятской госсельхозакадемии // Вопросы охотоведения и ветеринарии: Сб. науч. тр. ВГСХА. Киров, 1998. Вып. 3. С. 89–91.
6. Шестакова С. В., Новикова Т. В., Бритвин М. Ю. Нозологическая структура ларвальных цестодозов у лосей // Вопросы зоотехнии и ветеринарной медицины: Сб. науч. тр. КГТУ. ФГОУ ВПО КГТУ. Калининград, 2009. С. 268–271.

7. Численность волка в Удмуртии возросла [http://ihunter.ru/news/ohota/chislennost\\_volkov\\_v\\_udmurtii\\_vozroslo/](http://ihunter.ru/news/ohota/chislennost_volkov_v_udmurtii_vozroslo/) [Электронный ресурс]. Дата обращения 04.04.2018 г.

## **АНАЛИЗ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ КОЛЛЕКЦИИ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ МБУ «КИРОВСКИЙ ГОРОДСКОЙ ЗООЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ»**

*А. П. Нуртдинова, Е. В. Рябова*  
*Вятский государственный университет,*  
*anna.nurtdinowa@yandex.ru, ryapitschi@yandex.ru*

Научные коллекции служат основным и иногда единственным источником первичной информации в различных разделах зоологии, ботаники, экологии. В последнее время они начали вовлекаться также в решение ряда проблем глобального мониторинга окружающей среды, постепенно становясь одним из средств долгосрочного контроля за динамикой загрязнения воздуха, воды и почвы.

Основой для создания научно-естественной коллекции в МБУ «Кировский городской зоологический музей» стала частная коллекция В. Н. Сотникова, которую он начал собирать с начала 80-х годов XX века. Данный материал включает в себя экспонаты с разных уголков мира: из Северной Америки (США), Южной Америки (Перу), Африки, Турции, Индии, Вьетнама, Бирмы, Монголии. Также в большом количестве имеются материал с территории Российской Федерации и стран СНГ: из Средней Азии (Туркменистан, Таджикистан, Казахстан), Дальнего Востока (Камчатка, Командорские острова, Южное Приморье), Урала, Сибири и Украины. На момент создания музея (2005 г.) общая коллекция насчитывала 7645 экспонатов, в состав которых входили чучела, тушки и влажные препараты. На тот момент коллекция была разделена на несколько частей, и они включали в себя следующие составляющие

1. Орнитологическая коллекция – 5384 экспоната;
2. Териологическая коллекция – 1269 экспонатов;
3. Герпетологическая коллекция – 420 экспонатов;
4. Ихтиологическая коллекция – 574 экспонатов.

На настоящий момент коллекция МБУ «Кировского городского зоологического музея» насчитывает 14543 экспонатов.

Большая часть коллекции представлена научно-коллекционными тушками, преимущественно выполненными методом мягкой набивки. Наибольшее число экспонатов содержит орнитологическая составляющая коллекции, представленная 9945 экспонатами. Ее большая часть представлена видами из Кировской области, сопредельных территорий, Урала, Сибири, Дальнего Востока. Также имеются экспонаты из Мьянмы, США, Японии, Украины, Таджикистана, Казахстана. В орнитологической коллекции имеются виды птиц со всех континентов, кроме Австралии.

Второй по количеству тушек является териологическая коллекция. Она насчитывает 2568 тушек. В основном, она представлена различными видами отряда Грызунов, из семейств Хомяковые, Мышиные, Беличьи. Стоит заметить, что большая часть коллекции составляют мелкие млекопитающие. Например, отряд Хищных, представлен преимущественно мелкими видами из семейства Куньих (ласки, горностаи, норки, куницы). Большая часть их была добыта в Кировской области и Республики Коми, очень мало экспонатов из других стран (только страны СНГ и Япония).

Также в состав коллекции тушек входит герпетологическая коллекция. Она достаточно небольшая, так как большинство экспонатов из герпетологической коллекции хранится в виде влажных препаратов. В нее входят только 13 экспонатов – 12 из них это тушки пресмыкающихся, и 1 – тушка амфибии (обыкновенная жаба).

Кроме научно-коллекционных тушек коллекция МБУ «Кировский городской зоологический музей» представлена чучелами, которые хранятся в хранилище и экспозиции музея. Также их используют для временных и постоянных выставок.

Большую часть коллекции чучел также составляют птицы – в орнитологической коллекции содержится всего 631 экспонат. По сравнению с коллекцией научно-коллекционных тушек, орнитологическая коллекция чучел в разы меньше. Это связано с тем, что процесс создания чучел достаточно сложен, и чаще используется для видов, которые являются либо крупными (африканский страус), либо обладающими выделяющимися морфологическими особенностями, или экспозиционной значимостью.

Териологическая коллекция чучел является второй по количеству в коллекции МБУ «Кировский городской зоологический музей». По большей части, она представлена достаточно мелкими видами – к примеру, представителями отряда Грызунов (экспонаты из семейства Мышиных, Беличьих, Хомяковых и т. д.). Коллекции не хватает крупных экземпляров. Но пока МБУ «Кировский городской зоологический музей» не имеет возможности приобрести подобные экспонаты, так как выставочные залы и хранилище по площади небольшие, и хранить такие крупные экземпляры или даже выставлять пока что негде.

Герпетологическая коллекция чучел МБУ «Кировского городского зоологического музея» представлена исключительно пресмыкающимися. Она насчитывает 17 экспонатов.

Влажные препараты в коллекции МБУ «Кировский городской зоологический музей» хранятся в хранилище. В нее входят только представители классов пресмыкающихся, амфибий и рыб. Они представляют собой прозрачные емкости с телами животных, залитых либо формалином, либо спиртом. Всего в коллекции насчитывается 757 влажных препаратов.

Герпетологическая коллекция влажных препаратов в коллекции МБУ «Кировский городского зоологический музей» включает в себя 490 влажных препаратов. Большую часть влажных препаратов в герпетологической кол-

лекции представляют пресмыкающиеся – их насчитывается 270 видов. Также, в ее состав входят представители из класса амфибий – количество экспонатов в этой части коллекции равняется 220.

И последняя коллекция, которая в отличие от герпетологической, полностью представлена влажными препаратами – это ихтиологическая коллекция. Она составляет 770 экспонатов, и является основной частью коллекции влажных препаратов в коллекции МБУ «Кировский городской зоологический музей».

Итак, на данный момент коллекция МБУ «Кировский городской зоологический музей» состоит из 14543 экспонатов, в состав которой входит 12526 научно-коллекционных тушек, 769 чучел и 1260 влажных препаратов. За время существования музея коллекция выросла вдвое, и на сегодняшний день только продолжает увеличиваться.

## **ИХТИОФАУНА ВОДОЕМОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ г. КИРОВО-ЧЕПЕЦКА**

*А. А. Злобин<sup>1</sup>, В. М. Рябов<sup>1</sup>, С. В. Пестов<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, Ant.zlobin2010@yandex.ru,*

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Все возрастающее воздействие на окружающую природную среду диктует необходимость контроля ее состояния, обеспечения ее благоприятности для живых существ и человека. Эта задача все чаще звучит как обеспечение здоровья среды. Под здоровьем среды в самом общем смысле принимается ее состояние (качество), необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ. Это ставит на повестку дня необходимость разработки операциональных систем его оценки. В настоящее время мы имеем большой арсенал методов для выявления эффекта различных воздействий на состояние среды. Рыбы имеют большое значение для всех водных экосистем, так как являются составляющей пищевых цепей, а зачастую, конечным их звеном. Средой жизни рыб является вода, которая занимает огромные пространства нашей планеты. В настоящее время рыбы – господствующая группа животных в водных биоценозах.

В последнее время этим вопросам большое внимание уделяется вопросам усиления антропогенного воздействия предприятиями химической индустрии. Примером таких объектов являются Кирово-Чепецка 3 класса опасности: (ОАО «Завод минеральных удобрений КЧХК») и (ООО «ГалоПолимер Кирово-Чепецк»), которые включены «Перечень потенциально-опасных и критически важных объектов Кировской области» [1]. В связи с этим проблема оценки влияния завода на ихтиофауны и отдельные виды рыб очень актуальна.

Целью нашего исследования является выяснение видового состава ихтиофауны и определение принадлежности рыб окрестности г. Кирово-Чепецка к различным экологическим группам. На сегодняшний день ихтио-



фауна Кировской области представлена 51 видом пресноводных рыб, из 17 семейств [2].

Для достижения поставленной цели во все сезоны года проводили отлов рыб на пяти водоемах. В летнее время использовали поплавочную удочку, спиннинг, «паук» и «кружки». В зимний сезон лов проводили с помощью зимней удочки с мормышкой и жерлиц.

В результате в водоемах окрестностях г. Кирово-Чепецка было выловлено 26 видов рыб, что составляет 50,9% от общей разнообразия рыб Кировской области. Из 17 семейств представленных в Кировской области, только 6 семейств населяют водоемы окрестности г. Кирово-Чепецка. Во всех пяти водоемах встречались укляя, плотва и окунь. Самыми узкими топическими предпочтениями обладают берш и синец, которые пойманы только в р. Вятка (табл.).

Таблица

**Ихтиофауна водоемов окрестности г. Кирово-Чепецка**

№	Вид	Водоем				
		р. Вятка	р. Чепца	р. Ел-ховка	о. Жуково	о. Ивановское
1	2	3	4	5	6	7
1	Стерлядь – <i>Acipenser ruthenus</i>	+	+	–	–	–
2	Щука – <i>Esox lucius</i>	+	+	–	+	+
3	Синец – <i>Abramis ballerus</i>	+	–	–	–	–
4	Лещ- <i>Abramis brama</i>	+	+	–	+	–
5	Белоглазка (Сопа) – <i>Abramis sapa</i>	+	+	–	–	–
6	Уклейка – <i>Alburnus alburnus</i>	+	+	+	+	+
7	Жерех – <i>Aspius aspius</i>	+	+	–	–	–
8	Густера – <i>Blicca bjoerkna</i>	+	+	+	–	+
9	Подуст – <i>Chondrostoma nasus</i>	+	+	–	–	–
10	Язь – <i>Leuciscus idus</i>	+	+	–	–	–
11	Елец – <i>Leuciscus leuciscus</i>	+	+	–	+	+
12	Чехонь – <i>Pelecus cultratus</i>	+	+	–	–	–
13	Плотва – <i>Rutilus rutilus</i>	+	+	+	+	+
14	Красноперка – <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	+	+	–	+	+
15	Пескарь – <i>Gobio gobio</i>	+	+	–	–	+
16	Серебряный карась – <i>Carassius gibelio</i>	+	+	–	+	+

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	
17	Золотой карась – <i>Carassius carassius</i>	–	+	+	–	–	+
18	Сазан(Карп) – <i>Cyprinus carpio</i>	–	+	+	–	–	–
19	Линь – <i>Tinca tinca</i>	–	+	–	–	+	+
20	Сом – <i>Silurus glanis</i>	+	+	–	–	–	–
21	Налим – <i>Lota lota</i>	+	+	–	–	–	–
22	Окунь – <i>Perca fluviatilis</i>	+	+	+	+	+	+
23	Ёрш – <i>Gymnocephalus cernuus</i>	+	+	+	–	–	+
24	Судак – <i>Sander lucioperca</i>	+	+	–	–	–	–
25	Берш – <i>Stizostedion volgensis</i>	+	–	–	–	–	–
26	Голавль – <i>Leuciscus cephalus</i>	+	+	–	–	–	+
Общее число видов			25	24	5	9	13

Максимальное число видов зарегистрировано в р. Вятка и Чепца, минимальное – в р. Елховка, что мы связываем в высоким уровнем загрязнения этой реки, в которую сливаются стоки химических производств. В о. Жуково и о. Ивановском было поймано 50–55% от видов обитающих в р. Вятка, что связано, вероятно, с гидрологическим режимом этих водоемов.

#### Литература

1. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2016 году: Региональный доклад / Под общ. ред. А. В. Албеговой. Киров, 2017. 207 с.
2. Сотников В. Н., Двинских В. И. Рыбы и миноги Кировской области: Справочник-определитель. Киров, 2005. 104 с.

### ЗИМОВКА ОРЛАНА-БЕЛОХВОСТА В ЗАПОВЕДНИКЕ «НУРГУШ»

**С. В. Кондрухова**

Государственный природный заповедник «Нургуш», *parus1970@mail.ru*

Орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*) – редкий гнездящийся вид заповедника «Нургуш». Занесен в Красную книгу РФ (категория 3 – «редкий вид») [1] и Красную книгу Кировской области (категория I – «вид, находящийся под угрозой исчезновения») [2].

До середины XX века в Кировской области орланы-белохвосты достоверно гнездились лишь в Котельничском районе в Нургушском заказнике. Это гнездовье располагалось недалеко от оз. Нургуш и было известно с 50-х годов прошлого столетия. В результате массового посещения заказника тури-

стами и браконьерского отстрела птиц, орланы перестали здесь гнездиться [3, 4]. Не было найдено это гнездовье и в 1992 г. во время обследования территории заказника В. Н. Сотниковым (устное сообщение). И только в 1997 г., уже после образования заповедника, гнездо было обнаружено на прежнем месте. С тех пор птицы регулярно используют его для выведения птенцов. Численность гнездящихся в заповеднике орланов оценивается в 1–2 пары/100 км<sup>2</sup> [5].

В последнее десятилетие в Кировской области численность орлана-белохвоста заметно увеличилась. Его гнезда были найдены в Подосиновском, Арбажском, Малмыжском районах, предполагается гнездование в Кильмезском, Уржумском и Советском. В настоящее время в регионе, по оценке экспертов, гнездится около 6–8 пар орланов [2]. Тогда как в конце XX – начале XXI вв. его численность оценивалась в 1–2 до 4–5 пар [6].

До недавнего времени в Кировской области и Волжско-Камском крае в целом орлан-белохвост считался перелётным видом. Его ближайшие места зимовки находились на территории Республики Татарстан [7]. Значительная же часть популяции улетала зимовать в низовья Волги, Дона, Днепра, на побережья Каспия, Чёрного и Азовского морей [8]. Лишь отдельные кочующие особи оставались зимой на Средней Волге, держась около рыболовецких бригад, занимающихся подлёдным ловом [9].

Начиная с 1980-х гг. в Поволжье, стал происходить постепенный, но неуклонный рост численности орланов-белохвостов, как гнездящихся, так и летующих, пролётных и зимующих [10]. С 1995 г. увеличение числа пролётных птиц отмечали и в Кировской области [7]. С начала 2000-х г. орланы стали регулярно зимовать на Куйбышевском, Чебоксарском, Саратовском водохранилищах и Самарской луке, образуя там скопления в несколько десятков, а в последние годы и сотен особей [11]. В течение зимы птицы держались здесь около незамерзающих акваторий водохранилищ, рядом с полыньями, у стоков очистных сооружений, около различных свалок, в особенности у боен и животноводческих комплексов.

В Кировской области первый случай зимовки пары орланов был зафиксирован в окрестностях п. Лебяжье, где в течение зимы 2008–2009 гг. птицы кормились отходами на скотобойне [12].

В заповеднике «Нургуш» в последнее десятилетие также участились зимние встречи этих птиц (рис.).

Начиная с 1996 г. орланы оставались в заповеднике до ноября и даже III декады декабря. С 2008 г. по 2018 г. одиночные птицы и пары стали ежегодно встречаться также в январе и феврале. Не исключено, что своеобразным толчком к этому послужили относительно тёплые зимы 2006–2007, 2007–2008 и 2008–2009 гг., когда их средние показатели температур воздуха (за декабрь, январь, февраль) были практически одинаковыми (–8,4 °С). Хотя стоит отметить, что и в последующие, более холодные сезоны (показатель среднемесячных температур –15,5 °С) орланы-белохвосты продолжали оставаться на зимовку в заповеднике. Причём, именно в одну из таких зим (2010–2011 гг.) здесь было зарегистрировано наибольшее число встреч (рис.).

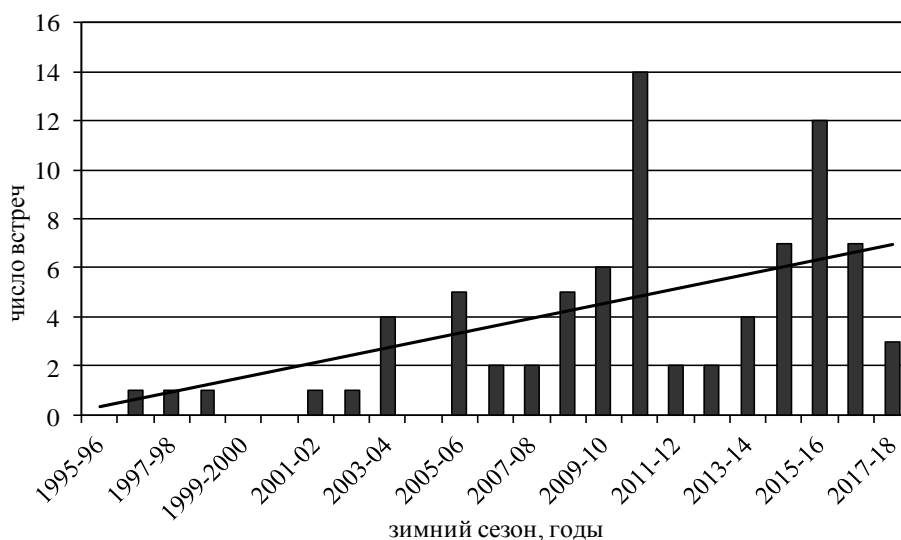


Рис. Встречаемость орлана-белохвоста в заповеднике «Нургуш» в зимний период (декабрь, январь, февраль)

В целом, проведённый нами анализ данных показал, что частота встреч орлана-белохвоста в заповеднике в зимний период не зависит от показателей среднемесячных температур воздуха зимних месяцев. В результате расчётов не было выявлено ни одной более или менее значимой корреляции этих параметров. Очевидно, что решающую роль в успешной зимовке орланов-белохвостов играет не столько климатический фактор, сколько наличие на территории заповедника кормных мест и достаточного количества доступной пищи.

В зимнее время орланы-белохвосты держатся в заповеднике около проток и речек рядом с бобровыми плотинами. В таких местах в результате перепада высот, вытекающая из запруды вода образует незамерзающие участки водотоков, которые позволяют птицам добывать рыбу. Кроме того, орланы кормятся на озерах возле полыней, в местах выхода подземных вод и на незамерзающих участках р. Вятки. Зимой орланы чаще всего встречаются на оз. Кривом и его протоке, оз. Нургуш и р. Прость. Питаются птицы как свежей, так и «заморной» рыбой, пойманными ими зайцами, а также падалью (случай поедания погибшей енотовидной собаки) [5]. Больших скоплений в заповеднике орланы не образуют, зимуют в основном взрослые одиночные птицы и пары. Встречи молодых особей редки и относятся к декабрю месяцу.

Таким образом, в последнее десятилетие в заповеднике «Нургуш» наметилась выраженная тенденция увеличения числа встреч орлана-белохвоста в зимний период. Это может быть связано, во-первых, с общим увеличением численности птиц в Кировской области и в Поволжье в целом; во-вторых, с тёплыми зимами последних лет, повлекших за собой изменение их поведения, и, в-третьих, с активной средообразующей деятельностью речных бобров, в результате которой орланы обеспечиваются зимой кормными местами.

## Литература

1. Красная книга Российской Федерации. Т. 1. Животные. М.: Астрель, 2001. 862 с.
2. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.
3. Соловьев А. Н. Сокровища вятской природы. Киров, 1986. 159 с.
4. Злобин Б. Д. Животные // Редкие животные и растения Кировской области. Киров, 1988. С. 9–84.
5. Кондрухова С. В. Птицы заповедника «Нургуш». Киров: ООО «Орма», 2012. 212 с.
6. Красная книга Кировской области: Животные, растения, грибы. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2001. 288 с.
7. Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий. Неворобьиные. Киров: ООО «Триада», 1999. Т. 1, Ч. 1. 432 с.
8. Дементьев Г. П., 1951. Отряд хищные птицы // Птицы Советского Союза, Т. 1. М.: Сов. наука. С. 234–235.
9. Григорьев Н. Д., Попов В. А., Попов Ю. К. Отряд соколообразные (дневные хищные птицы) Falconiformes // Птицы Волжско-Камского края: Неворобьиные. М.: Наука, 1977. С. 104–105.
10. Завьялов Е. В., Шляхтин Г. В., Табачишин В. Г. и др. Птицы севера Нижнего Поволжья. Книга II. Состав орнитофауны. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2005. С. 115–123.
11. Адамов С. Г., Бородин О. В., Корольков М. А. и др. Зимние скопления орлана-белохвоста в Среднем Поволжье // Хищные птицы Северной Евразии. Проблемы и адаптации в современных условиях: материалы VII Междунар. конф. РГСС Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федер. ун-та, 2016. С. 213–220.
12. Сотников В. Н., Рябов В. М., Акуликин С. Ф. Новые данные по редким видам птиц Кировской области // Редкие виды птиц Нечернозёмного центра России: Материалы IV совещания «Распространение и экология редких видов птиц Нечернозёмного центра России». М., 2009. С. 280–284.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КЛАДКАМИ ГЛУХАРЯ И ШИЛОХВОСТИ

*Н. С. Суханова, В. А. Соловьёв*  
*ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова,*  
*Nat55209@yandex.ru, solo\_vjatka@mail.ru*

Изучение биологии размножения охотничьих птиц важно для понимания механизмов, регулирующих их динамику численности. Замечено, что количество молодняка в сезон осенне-зимней охоты коррелирует со средними температурами воздуха в период насиживания [1]. Сведения об изучении гнёзд в дикой природе немногочисленны и новые сведения позволят дополнить существующую информацию.

На территории Кировской области в конце мая 2017 г. были обнаружены два гнезда, принадлежащие самке глухаря *Tetrao urogallus* L. и шилохвосты *Anas acuta* L. (табл. 1).

На гнезда установлены мобильные автономные регистраторы температуры и относительной влажности ТРВ-2, записывающие измерения температуры с шагом измерения 5 минут. Первый датчик помещён в белый шарик для пинг-понга, чтобы имитировать яйцо. Вместе с датчиком в шарик добавлен пластилин для балласта, чтобы птица не вытолкнула лёгкий шарик из гнезда. Второй датчик находился в 3 метрах на уровне земли для контроля температуры окружающей среды. Данные с 4 датчиков (4320 измерений гнезда глухарки и 2880 – шилохвосты) обработаны программой HygroReg\_2.10.

Таблица 1

### Описание гнёзд

Вид	Глухарь	Шилохвость
Место обнаружения	Кировская область, Зуевский район, научно-опытное хозяйство ВНИИОЗ	Кировская область, Оричевский район, деревня Новожилы
Биотоп	Березняк травянистый с елью и осинной, в подлеске – липа.	Ельник с осинной и берёзой, в подросте – сосна, в 50 м от ручья
Характер расположения	На земле у ствола берёзы	На земле у ствола ели, между жилой изгородью и тропой
Количество яиц, шт	5	8
Дата обнаружения	27.05.2017	29.05.2017

Гнездо глухарки находилось под наблюдением фотоловушки *Moultrie Game Camera COACH 4Mp*, оборудованной ламповой вспышкой белого света. Для уменьшения излишнего беспокойства птицы и экономии батареи вспышка отключена. Камера работала в режиме серийной съемки из 3 кадров, интервал съемки – 30 минут. За 10 ловушко-суток (с 02.06 по 12.06.17 г.) получено 225 кадров, из которых 3 сняты в ночное время, без возможности идентификации поведения птицы.

Глухарь – птица полигамная. Спаривание происходит в утренние часы на токах, после чего самка откладывает по одному яйцу в день. Гнёзда, как правило, находятся в 700–900 метрах от тока, расположены на земле (табл. 1). Насиживание начинается с откладки последнего яйца. В Кировской области первые яйца в глухариных гнёздах появляются в конце апреля – первых числах мая, то есть во время интенсивного токования самцов. Срок инкубации – 25–26 суток [2]. По нашим наблюдениям глухарка с выводком покинула гнездо 18 июня (табл. 2), следовательно, насиживание началось 23–24 мая. Такую довольно позднюю кладку мы связываем со сдвигом сроков токования и яйцекладки из-за холодной и затяжной весны.

Шилохвость весной образует пары. Самка откладывает яйца на земле недалеко от водоёма.

В Кировской области откладка яиц и начало насиживания у шилохвосты происходит в первой и второй декадах мая [2, 3, 4]. Насиживание 22–23 суток. Средние сроки вылупления птенцов из гнезда с 29 мая по 12 июня [2]. Зарегистрированный нами выход птенцов шилохвосты 14 июня (табл. 2) говорит о поздней кладке (24–25 мая). При частом спугивании с гнезда у самок

нарушается естественный ритм насиживания, и заметно увеличиваются его сроки [5]. Расположение гнезда шилохвосты вблизи населённого пункта привело к частым спугиваниям, поэтому насиживание яиц могло начаться раньше расчетного времени.

Таблица 2

**Сведения о насиживании гнёзд**

Вид	Глухарь	Шилохвость
Окончание насиживания	18.06. 2017	14.06.2017
Расчетное время начала насиживания	24.05–25.05. 2017	23.05–24.05
Период измерений, принятый для расчетов	3.06–17.06	4.06–13.06
Средняя температура в гнезде, °С (lim)	34,425 (21,086–39,069)	33,400 (17,839–39,321)
Средняя температура на почве, °С (lim)	11,715 (5,592–17,140)	9,580 (5,878–13,71)

Сведения с фотоловушки совместно с термодатчиками в начале наблюдений за гнездом глухарки мы сопоставили с изменением температуры при различном поведении птицы. Это позволило интерпретировать поведение птицы после окончания работы фотоловушки. Амплитуда колебаний температуры в гнезде связана с поведением птиц. Они уходят кормиться, отводят хищников от гнезда. Вспугнутая с гнезда птица улетает на продолжительное время, при этом может вовсе бросить кладку и больше не насиживать. Охлаждение яиц во время прогулок отражается заметным продолжительным снижением температуры до момента возвращения птицы в гнездо. Птицы переворачивают яйца, меняют их взаимное расположение для равномерного прогревания всей кладки. В этом случае температура датчика понижается или повышается на 1–2 градуса и остаётся на этом уровне продолжительное время.

**Литература**

1. Семёнов-Тян-Шанский О. И. Биология размножения тетеревиных птиц на Севере. М.: Наука, 1983 62 с.
2. Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий. Неворобьиные. Часть 1. Т. 1. Киров: ООО «Триада-С», 1999. 432 с.
3. Литун В. И. Состав птиц бассейна среднего течения реки Чепцы. Часть 1 // Вопросы охотоведения: Сб. науч. трудов КСХИ. Пермь, 1982. С. 73–83.
4. Плесский П. В. Материалы к биологии водоплавающих птиц Кировской области // Труды КСХИ. Т. 21. Вып. 46. Киров, 1969. С. 53–71.
5. Брауде М. И. Процесс насиживания у шилохвосты *Anas acuta* на севере Западной Сибири // Материалы 10-й Всесоюз. орнитол. конф. Минск, 1991. С. 76–78.

## ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ЦЕНТРАЛЬНОСИБИРСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

*Т. А. Котельникова, О. В. Масленникова*

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
olgamaslen@yandex.ru*

Мелкие млекопитающие (насекомоядные и грызуны) или микромаммалии – это один из важнейших компонентов таежных экосистем, который определяет их формирование и развитие [1]. Микромаммалии являются важной составной частью биологической пищевой цепочки, которую нельзя нарушать. Ими питаются животные, значение которых для человека очень велико: норка, соболь, куница, колонок и другие [2].

Учет численности мелких млекопитающих позволяет выявить ритмику их активности, установить привязанность животных к определенным местобитаниям, выявить характер и факторы, определяющие динамику численности (сезонную и годовую), выявить особенности их экологии.

Учеты мы проводили с конца июля по сентябрь 2016 года на правом берегу Енисея. За этот период нами было отловлено 85 зверьков из 2 отрядов: грызуны (Rodentia) и насекомоядные (Eulipotyphla).

Учет мелких млекопитающих проводился методом ловчих канавок [3]. В наиболее типичном для исследуемого участка месте прорывали земляные траншеи длиной в 15 м и глубиной в 10 см, при ширине дна траншеи в 20–25 см. В конце траншеи, отступя метр от края, врывали вровень с дном по цилиндру высотой в 30 см и шириной 16 см [4]. Для стока дождевой воды на дне цилиндра пробивали несколько отверстий для того, чтобы зверьки не тонули в ней. Осматривали траншеи ежедневно по утрам и вечерам. Ловчие цилиндры мы периодически чистили от попавших в них амфибий, рептилий и насекомых. Учитывались все млекопитающие, попавшиеся в ловчие цилиндры.

В каждой станции мы закладывали две траншеи, располагая их в наиболее типичных для изучаемого участка местах, но не ближе чем в 150 м одну от другой. Зверьков взвешивали, измеряли, определяли пол. Видовой состав микромаммалий, определялся по определителям И. Я. Павлинова и др. [5], Е. Е. Сыроечковского [6]. Траншеи для учетов мелких млекопитающих были заложены на трех кордонах по 2 траншеи в каждом. Для анализа динамики численности были использованы Летописи природы Центральносибирского заповедника [7–12].

Для сравнения результатов учета разных лет был рассчитан показатель обилия. Показатель обилия – число зверьков, попавших в конусы за время работы одной ловушки. За показатель обилия микромаммалий принято считать количество попавшихся зверьков за 100 ловушко-суток работы траншеи. Рассчитать этот показатель можно по формуле [13]:



$$N_{ot} = \frac{N \times 100}{t \times l}$$

где N – число пойманных животных;

t – количество отработанных суток;

l – количество ловушек.

Для видового сравнения фауны мелких млекопитающих за ряд лет нами был применен метод определения коэффициента фаунистического сходства  $K_s$  Сьеренсена-Чекановского [14]:

$$K_s = \frac{2C}{A+B},$$

где C – число видов, общих для двух сравниваемых лет;

A – число видов в первый год;

B – число видов во второй год.

При проведении учетов мелких млекопитающих на территории Центральносибирского заповедника на трех кордонах было отловлено 85 зверьков, из них 17 грызунов и 68 насекомоядных. Всего за период учетов нами зарегистрировано 9 видов мелких млекопитающих: три вида из отряда *Rodentia* и 6 видов из отряда *Eulipotyphla* [2].

Количество отловленных насекомоядных в 4 раза превосходит количество грызунов (20% грызунов и 80% насекомоядных), что можно объяснить некоторой депрессией численности у грызунов.

Количественный и видовой состав микромаммалий представлен в таблице 1.

Таблица 1

**Количественное соотношение видового состава мелких млекопитающих в заповеднике Центральносибирский в 2016 г.**

Видовое название	Количество (экз)	Процентное соотношение %
<i>Clethrionomys rutilus</i> – красная полевка	10	11,8
<i>Clethrionomys rufocanus</i> – красно-серая полевка	3	3,5
<i>Clethrionomys glareolus</i> – рыжая полевка	4	4,7
<i>Sorex araneus</i> – обыкновенная бурозубка	21	24,7
<i>Sorex caecutiens</i> – средняя бурозубка	8	9,4
<i>Sorex minutus</i> – малая бурозубка	23	27,0
<i>Sorex minutissimus</i> – крошечная бурозубка	14	16,5
<i>Sorex roboratus</i> – плоскочерепная бурозубка	1	1,2
<i>Sorex arcticus</i> – арктическая бурозубка	1	1,2
Итого	85	100

Доминирующим видом является *Sorex minutus* малая бурозубка (27%), на втором месте обыкновенная бурозубка (24,7%), на третьем – крошечная бурозубка (16,5%) из отряда *Eulipotyphla*. Из отряда *Rodentia* доминирует красная полевка – 11,8%. Среди грызунов на долю красной полевки приходится 59%, рыжей – 23% и красно-серой – 18% встреч.

Анализ результатов летних учетов мелких млекопитающих за ряд лет в Центральносибирском заповеднике отражен в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты летних учётов грызунов и насекомоядных в Центральносибирском заповеднике с 2004 по 2016 гг.**

Год	Грызуны (особей)	% от общего числа зверьков	Насекомоядные (особей)	% от общего числа зверьков	Всего (особей)
2004	245	43,4	319	56,6	564
2005	26	46,4	30	53,6	56
2007	18	17,0	88	83,0	106
2009	2	25,0	6	75,0	8
2010	155	26,4	432	73,6	587
2015	49	92,5	4	7,5	53
2016	17	20,0	68	80,0	85

Согласно таблице 2 в 2004 и 2005 гг. процентное соотношение грызунов и насекомоядных было примерно равное с небольшим преобладанием бурозубок (2004 г. – 56,6%; 2005 г. – 53,6%). С 2007 г. соотношение этих двух отрядов меняется в пользу значительного преобладания насекомоядных (от 73,6% в 2010 г. до 83% в 2007 г.). Учеты 2016 г входят в данный интервал (80,0% – насекомоядные). Не соответствуют данным многолетних учетов микромаммалий летние учеты 2015 г., где наблюдалось значительное преобладание грызунов (92,5%) при очень низкой численности насекомоядных (7,5%).

Для сравнения видового состава фауны мелких млекопитающих за ряд летних учетов в Центральносибирском заповеднике нами был рассчитан коэффициент фаунистического сходства  $K_s$  Сьеренсена-Чекановского [14]. Данные расчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3

**Коэффициенты фаунистического сходства микромаммалий за период проведения летних учетов в Центральносибирском заповеднике**

	2016	2015	2010	2009	2007	2005	2004
2016	1	0,5	0,58	0,46	0,63	0,56	0,61
2015	0,5	1	0,55	0,55	0,35	0,5	0,48
2010	0,58	0,55	1	0,42	0,72	0,67	0,62
2009	0,46	0,55	0,42	1	0,57	0,62	0,44
2007	0,63	0,35	0,72	0,57	1	0,74	0,58
2005	0,56	0,5	0,67	0,62	0,74	1	0,78
2004	0,61	0,48	0,62	0,44	0,58	0,78	1

Чем выше  $K_s$  двух сравниваемых лет, тем больше сходство видового состава фауны мелких млекопитающих сравниваемых периодов. Как видно из таблицы, самый высокий коэффициент фаунистического сходства в 2004 и 2005 гг. – 0,78; 2005 и 2007 гг. – 0,74; 2007 и 2010 гг. – 0,72; а самый низкий в 2007 и в 2015 гг. – 0,35.

Проведя анализ каждого полноценного учета, также был подсчитан показатель обилия. Данные расчетов приведены в таблице 4.

Согласно таблице 4 наиболее обильным годом с высокой численностью грызунов следует считать 2010 г. (32,3 зверька на 100 ловушко-суток), а наименее – 2009 и 2016 гг. (2,2 и 5,7 зверька на 100 ловушко-суток соответственно). Самый высокий показатель обилия насекомоядных был в 2007 г. и составил 91,7 зверьков/100 ловушко-суток, а самый низкий – в 2015 г. (1,5 зверька/100 ловушко-суток).

Таблица 4

**Показатель обилия мелких млекопитающих за период проведения летних учетов в Центральносибирском заповеднике**

Год	Грызуны, особей	Показатель обилия, зверьков/100 ловушко-суток	Насекомоядные, особей	Показатель обилия, зверьков/100 ловушко-суток	Всего, особи	Общий показатель обилия зверьков/100 ловушко-суток
2004	245	24,3	319	31,7	564	56,0
2005	26	16,3	30	18,8	56	35,1
2007	18	18,8	88	91,7	106	110,5
2009	2	2,2	6	6,7	8	8,9
2010	155	32,3	432	45	587	77,3
2015	49	18,2	4	1,5	53	19,7
2016	17	5,7	68	23	85	28,7

Показатель обилия дает нам более конкретную картину по динамике численности мелких млекопитающих, так как все учеты подводятся под одно значение – сколько зверьков попало на 100 ловушко-суток (рис.).

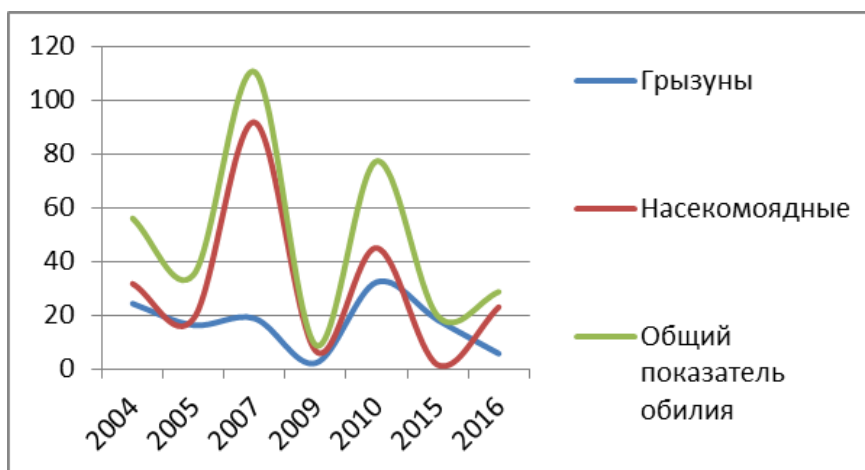


Рис. Показатель обилия насекомоядных и грызунов в Центральносибирском заповеднике

Как следует из рисунка 1 у грызунов отмечено два минимальных значения численности (2009 и 2016 гг.) и два максимальных значения численности (2004 и 2010 гг.). У насекомоядных зарегистрировано три минимальных значений численности (2005, 2009 и 2015 гг.) и два пика подъема численности

(2007 и 2010 гг.). Общая кривая обилия мелких млекопитающих совпадает с кривой обилия насекомоядных, так как при летних учетах за ряд лет наблюдалось значительное преобладание насекомоядных над грызунами (табл. 2).

Наиболее обильным годом с высокой численностью грызунов следует считать 2010 г. (32,3 зверька на 100 ловушко-суток), а наименее – 2009 и 2016 гг. (2,2 и 5,7 зверька на 100 ловушко-суток соответственно). Самый высокий показатель обилия насекомоядных был в 2007 году и составил 91,7 зверьков/100 ловушко-суток, а самый низкий – в 2015 году (1,5 зверька/100 ловушко-суток). У грызунов отмечено два минимальных значения численности (2009 и 2016 гг.) и два максимальных значения численности (2004 и 2010 гг.). У насекомоядных зарегистрировано три минимальных значений численности (2005, 2009 и 2015 гг.) и два пика подъема численности (2007 и 2010 гг.). Общее обилие мелких млекопитающих в Центральносибирском заповеднике совпадает с обилием насекомоядных, так как при летних учетах за ряд лет наблюдалось значительное преобладание насекомоядных над грызунами.

### Литература

1. Ивантер Э. А., Якимова А. Е. Экологическая структура населения мелких млекопитающих // Мониторинг и сохранение биоразнообразия таёжных экосистем Европейского Севера России / Ред. П. И. Данилов. Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 315 с.

2. Котельникова Т. А. Учеты численности мелких млекопитающих в Центральносибирском заповеднике // Знания молодых – будущее России. Материалы XV Междунар. студ. науч. конф.: Сб. науч. трудов. В 4 ч. Ч. 1. Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2017. С. 149–151.

3. Попов В. А. Методика и результаты учетов мелких лесных млекопитающих в Татарской АССР // Тр. общества естествоиспытателей Казан. ун-та. 1945. Т. 7. Вып. 1. 123 с.

4. Охотина М. В., Костенко В. А. Полиэтиленовая пленка – перспективный материал для изготовления ловчих заборчиков // Фауна и экология наземных позвоночных. Владивосток, 1974. С. 193–196.

5. Павлинов И. Я., Крускоп С. В., Варшавский А. А., Борисенко А. В. Наземные звери России. Справочник-определитель. М., 2002. С. 13–224.

6. Сыроечковский Е. Е. Животный мир Красноярского края. Красноярск: Кн. изд-во, 1980. 359 с.

7. Летопись природы Центральносибирского заповедника: Кн. 17. п. Бор, 2005. 174 с.

8. Летопись природы Центральносибирского заповедника: Кн. 18. п. Бор, 2006. 189 с.

9. Летопись природы Центральносибирского заповедника: Кн. 20. п. Бор, 2008. 308 с.

10. Летопись природы Центральносибирского заповедника: Кн. 22. п. Бор, 2010. 177 с.

11. Летопись природы Центральносибирского заповедника: Кн. 23. п. Бор, 2011. 154 с.

12. Летопись природы Центральносибирского заповедника: Кн. 28. п. Бор, 2016. 172 с.

13. Карасева Е. В. Телицына А. Ю. Методики изучения грызунов в полевых условиях. М.: Наука, 1996. 189 с.

14. Чернов Ю. И. Основные синэкологические характеристики наземных позвоночных и методы их анализа // Методы зоологических исследований. М.: Наука, 1975. С. 198–208.

## ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЯХ

*А. Г. Кудяшева<sup>1</sup>, И. Н. Гудков<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, kud@ib.komisc.ru*

<sup>2</sup> *Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ingudkov@ukr.net*

Мелкие млекопитающие, являясь важным компонентом естественных экосистем и агроценозов, широко используются в качестве модельных объектов в экологических исследованиях, в том числе и тех, которые затрагивают проблемы антропогенных трансформаций среды. Это многочисленная группа животных, которая, в силу своего положения в трофических цепях экосистем, непосредственно воспринимает давление тех или иных негативных факторов среды на больших территориях и поэтому может использоваться для индикации нарушения естественных свойств среды.

Демографический ответ популяций мелких млекопитающих на факторы техногенного загрязнения определяется как интенсивностью, продолжительностью, постоянством воздействия и природой техногенных поллютантов, так и биологической спецификой видовых и популяционных систем, активно противостоящих стрессирующим воздействиям. Несомненно, изучение воздействия антропогенной трансформации среды будет невозможным без полевых экологических исследований при изучении природных биогеоценозов. Динамика численности наряду с популяционными механизмами саморегуляции зависит от условий окружающей среды, и мы можем рассматривать ее особенности в качестве критерия оценки этой среды, подверженной трансформациям под действием естественных или антропогенных факторов. Таким образом, изучение динамики численности животных является важным объектом экологического мониторинга не только в прикладном, но и в теоретическом плане. Следовательно, исследование динамики численности млекопитающих на техногенно загрязненных территориях как с повышенным уровнем естественной радиоактивности, так и в районах в результате аварийных выбросов атомных станций, позволяет понять механизмы динамики изменений сообществ в целом, и на этой основе осуществлять ее прогноз, разрабатывать, с одной стороны, мероприятия по сохранению биоразнообразия, с другой – по контролю численности.

В качестве моделей для оценки нарушений, происходящих в экосистемах при критических антропогенных нагрузках, в том числе и при радиоактивном загрязнении, часто используются мелкие млекопитающие – мышевидные грызуны. Выбор их как основного и удобного объекта в радиоэкологических исследованиях обусловлен тем, что они, находясь в тесном контакте с почвой, оказались в сфере наиболее интенсивного внешнего и внутреннего облучения ионизирующей радиацией, а также действия других химических инградиентов, используемых при ликвидации аварии. Вследствие их широко-

го распространения, многочисленности, быстрой смены поколений, ограниченности индивидуальных участков, доступности пищевой базы в природе, а также тесного контакта с почвой, загрязненной радионуклидами [1] они во многом соответствуют представлениям о надежных биоиндикаторах, что важно при объективной оценке состояния организма мелких млекопитающих, попавших в зону радиоактивного загрязнения [2].

Цель работы заключалась: провести анализ динамики численности популяций мышевидных грызунов при длительном пребывании их в условиях техногенного радиоактивного загрязнения (стационары на территории бывшего радиевого производства в Республике Коми и в 30-км зоне отчуждения Чернобыльской АЭС). На территориях в среднетаежной подзоне исследования проведены с 1960 по 2017 гг. на наиболее распространенном виде полевке-экономке, обитающей на трех участках (радиевом, урано-радиевом и контрольном). В Украинском Полесье работы по численности животных охватывали периоды с 1987–1993 гг. и 2007 г. на пяти видах мышевидных грызунов (полевка-экономка, обыкновенная полевка, европейская рыжая полевка, полевая мышь, желтогорлая мышь) Отлов животных производили в окрестностях г. Киева и 30 км зоне отчуждения ЧАЭС (5 контрольных и 7 радиоактивных участков). Подробная радиационная обстановка на исследуемых территориях и дозовые нагрузки на организм животных представлены [3, 4].

Общепринято, что популяции животных представляют сложные саморегулирующие системы открытого типа и они способны приспосабливаться к антропогенной среде. Однако такие популяции зверьков существенно отличаются от тех, которые обитают на фоновых территориях. У млекопитающих при возникновении адаптации на популяционном уровне необходим отбор на протяжении 20–30 поколений. На радиоактивных участках в среднетаежной подзоне Республики Коми они обитают уже более 60 лет, т. е. количество поколений, сменившихся за эти годы, существенно выше 60, поэтому на участках с разным уровнем радиоактивности сложились свои микропопуляции полевок-экономок. В зоне отчуждения ЧАЭС за 30 лет существования, также могут появиться популяции грызунов, отличающихся от тех популяции, которые обитали на этих территориях до аварии.

Установлены существенные изменения популяционных характеристик, как у полевок коми популяции, так и чернобыльских популяций животных. На северном стационаре в республике Коми все фазы популяционного цикла (депрессия, подъем, пик и спад) у полевок контрольного и радиевого участков совпадали как в 1960-е гг., так и в настоящее время. Однако численность полевок на радиевом участке в фазу пика всегда выше, чем на контрольном участке. Особенностью урано-радиевого участка заключается в том, что во все периоды исследований наблюдали длительные периоды низкой численности полевок, пики численности отмечали реже. В современный период на радиоактивных участках, как правило, произошло удлинение популяционных циклов: вместо четырехлетнего цикла до пяти-семи лет. При этом на урано-радиевом участке в последние годы отмечали значительную депрессию чис-

ленности, что возможно, обусловлено замедлением хода «популяционных часов» [5]. Что касается колебаний относительной численности грызунов, отловленных на всех участках аварийной зоны, то они существенно зависели от вида животных. Снижение общей численности мышевидных грызунов на самых загрязненных участках осенью 1986 г. и преобладание среди отловленных зверьков неполовозрелых особей, обусловлено прекращением размножения и гибелью облученных животных в первые часы и сутки после аварии и связано с многими причинами. В первые годы после аварии у некоторых видов грызунов (полевка-экономка, полевая мышь, рыжая полевка) обнаружено нарушение закономерной смены фаз популяционного цикла, что проявилось в длительной задержке популяций на стадии низкой численности. Это было связано с резким изменением радиационной обстановки, которая вызвала повышенную смертность в отдельных возрастных группах наиболее радиочувствительных видов. Динамика популяционного цикла грызунов (особенно характерно для полевки-экономки, для которой Украинское Полесье является границей ареала), подобно популяциям из техногенно нарушенных территорий, приобретает черты, характерные для краевых популяций и она практически исчезает с данных территорий. За 20 лет после аварии на Чернобыльской АЭС, на прилегающих территориях произошли изменения радиационных и экологических условий: снижение уровня гамма-фона в зоне аварии, изменения характера экотопов на участках отлова мышевидных грызунов. Уровень внешнего  $\gamma$ -излучения особенно уменьшился на участках с сильным и средним уровнем загрязнения [4, 6, 7]. В отдаленный период после аварии исчезновение полевки-экономки, скорее всего, объясняется изменением экотопов в зоне отчуждения ЧАЭС и замещением их более радиоустойчивыми видами – полевыми и жёлтогорлыми мышами. Численность мышевидных грызунов на исследуемых участках восстановилась и даже несколько возросла и остается в 1,5–2 раза выше доаварийного уровня [7]. Таким образом, у мышевидных грызунов на территориях с радиоактивным загрязнением обнаружена дестабилизация динамики численности, которая проявляется в нарушениях характерной последовательности и продолжительности отдельных фаз, что является важным при прогнозе отдаленных последствий при техногенных загрязнениях биоты и сохранении биоразнообразия животных.

*Работа выполнена по плану НИР «Механизмы биогенной миграции радионуклидов и закономерности возникновения отдаленных последствий индуцированных у растений и животных в условиях хронического радиационного и химического воздействия», №АААА-А18-118011190102-7.*

#### Литература

1. Маслов В. И., Маслова К. И. Радиоэкологические группы млекопитающих и птиц биогеоценозов районов повышенной естественной радиоактивности // Радиоэкологические исследования в природных биогеоценозах. 1972. С. 161–173.
2. Kudyasheva A. G., Shishkina L. N., Shevchenko O. G., Bashlykova L. A., Zagorskaya N. G., Biological consequences of increased natural radiation background for Micro-

tus oeconomus Pall. populations // Journal of Environmental Radioactivity. 2007. V. 97. I. 1. P. 30–41.

3. Кудяшева А. Г., Шишкина Л. Н., Шевченко О. Г., Башлыкова Л. А., Загорская Н. Г. // Биохимические механизмы радиационного поражения природных популяций мышевидных грызунов. СПб.: Наука, 1997. 156 с.

4. Кудяшева А. Г., Башлыкова Л. А., Гудков И. Н. Отдаленные последствия радиационной аварии для мышевидных грызунов в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН, 2017. № 4 (202). С. 32–40.

5. Межжерин В. А., Емельянов И. Г., Михалевич О. А. Комплексные подходы в изучении популяций мелких млекопитающих / Отв. ред. В. Н. Большаков. АН УССР. Киев: Наукова думка, 1991. 204 с.

6. Гайченко В. А., Жежерин И. В., Небогаткин И. В. Изменения видового состава и численности мелких млекопитающих в 30-км зоне ЧАЭС в послеаварийный период // Млекопитающие Украины. Киев: Наукова думка. 1993. С. 153–164.

7. Гащак С. П. Радиологическое состояние Зоны // 20-лет Чернобыльской катастрофы. Взгляд в будущее. Национальный доклад Украины. Киев: Атика, 2006. С. 122–136.

## **ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ БОБРА В АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ**

*В. В. Антипов<sup>1</sup>, А. П. Мартынов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Самарский государственный технический университет,  
v.v.antipov@mail.ru*

*<sup>2</sup> Самарский государственный социально-педагогический университет*

На территории России в XX веке были проведены обширные работы по реинтродукции бобра истребленного в XIX веке [1]. Эти мероприятия планировались для восстановления хозяйственно важного вида животных, дальнейшей его добычи и использования в народном хозяйстве на долгосрочную перспективу. В изучаемой нами Самарской области реинтродукция этих животных в акватории рек проводилась в несколько этапов с 1962 по 1979 гг.

Бобры успешно расселились как на охраняемых природных территориях, так и подвергающихся сильному антропогенному воздействию [2]. Региональная популяция бобра представляет собой большую, сложную, гибридного происхождения систему, обладающую экологической пластичностью и способностью адаптироваться к антропогенным условиям.

Особенности существования животных и растений на преобразованных природно-антропогенных территориях ввиду их новизны и сложности малоизучены. Антропогенная нагрузка приводит к изменению структуры сообществ и популяций животных, уменьшению видового разнообразия, увеличению доли синантропных видов, деградации экосистемы.

В ходе проводимых исследований популяции бобра в Самарской области были выявлены участки рек, берега которых осваиваются и застраиваются человеком. Характеристики популяции бобра на таких участках соответствует уровню, при котором возможно долгосрочное существование этих животных.



Закономерности существования и развития реинтродуцированной популяции обыкновенного бобра в местообитаниях претерпевающих антропогенную трансформацию имеют особую актуальность.

Исследование популяции бобра проводилось в Самарской области в бассейне р. Большой Кинель вблизи г. Кинель и поселков Усть-Кинельский, Студенцы, Мельница, Советы и др.

Периодически (с 2009 по 2017 гг.) исследовался участок русла реки Большой Кинель протяжённостью 26 км.

Популяции животных характеризуется экологической структурой. Важнейшие компоненты – характер распределения по территории, возрастной состав и тип динамики численности [1]. Любая в репродуктивном отношении изолированная популяция (полная изоляция не обязательна) специфична [3].

В процессе приспособления популяции к новым условиям ее экологическая структура целесообразно изменяется. Эти изменения определяют характер действия естественного отбора, определяют возможный ход изменений популяционного генофонда. Поэтому есть основание говорить об экологических механизмах преобразования генетического состава популяций и, следовательно, об экологических механизмах микроэволюционного процесса. Изменения экологической структуры популяции с неизбежностью закона автоматически приведут к перестройке ее генетического состава [3].

Для изучения популяции бобра применяли классические методы: эколого-статистический и морфо-экологический [4]. Состояние популяции бобра оценивалось по динамике экологических характеристик.

На основании полученных в результате маршрутных учетов данных о количестве следов деятельности бобра в каждом поселении (вылазы, тропы, погрызы древесно-кустарниковой растительности и др.) определяли мощность и пространственные характеристики поселений бобров. Вычислялась плотность заселения русла (особей и поселений на километр), среднее число боров в поселении, доля одиночных особей от общего числа поселений, полученные результаты сравнивались с предыдущими годами исследований и характеристиками, представленными в методике.

*Особенности происходящих антропогенных изменений на изучаемой природной территории.* Распространению животных и развитию популяции способствовали определенные условия прибрежных биоценозов, такие как наличие территории для расселения, кормовая база – большие запасы травянистой и древесно-кустарниковой растительности, отсутствие естественных врагов (хищников и значимых конкурентов), и экологическая пластичность бобра.

Факторы сдерживания роста численности: внутривидовые механизмы (ограничение размножения особей, территориальное поведение), стихийные бедствия (паводки, нестабильный гидрорежим и т. д.), прямое преследование человеком (отстрел, капканы, гибель на дорогах).

Параллельно с развитием популяции в регионе шли процессы урбанизации, которые привели к образованию и развитию Самарско-Тольяттинской

агломерации, что привело к трансформации естественных экосистем под влиянием человека и образованию антропогенно измененных местообитаний.

Последствия присутствия вида эдификатора бобра на природно-антропогенной территории разнообразны. В изучаемом нами регионе преобладают положительные эффекты присутствия бобров (рис. 1).

*Динамика популяционных характеристик.* За время проведения исследований русла р. Большой Кинель с 2009 по 2014 гг. среднее число бобров в поселении составляло от 2,8 до 3,6, плотность заселения от 2,5 до 3,8 особей/км русла, количество поселений на километр русла от 0,8 до 1 (рис. 2). Показатели популяции бобра соответствуют показателям популяций существующих в благоприятных условиях, несмотря на антропогенную нагрузку исследуемых местообитаний [1, 4]. Доля одиночных особей от общего числа поселений в разные годы различалась от 25% до 50%, на этот показатель влияет охота и прямое преследование животных.

*Потребление древесных кормов бобрами.* Бобры на изучаемой территории употребляют различные виды ивы (*Salix*), осокорь (*Populus nigra* L.), клён ясенелистный (*Acer negundo* L.), в отдельных поселениях употребляли вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), ольху черную (*Alnus glutinosa* L.). Представляет интерес факт употребления бобрами в пищу деревьев, спиленных человеком.



Рис. 1. Влияние бобров на местообитания

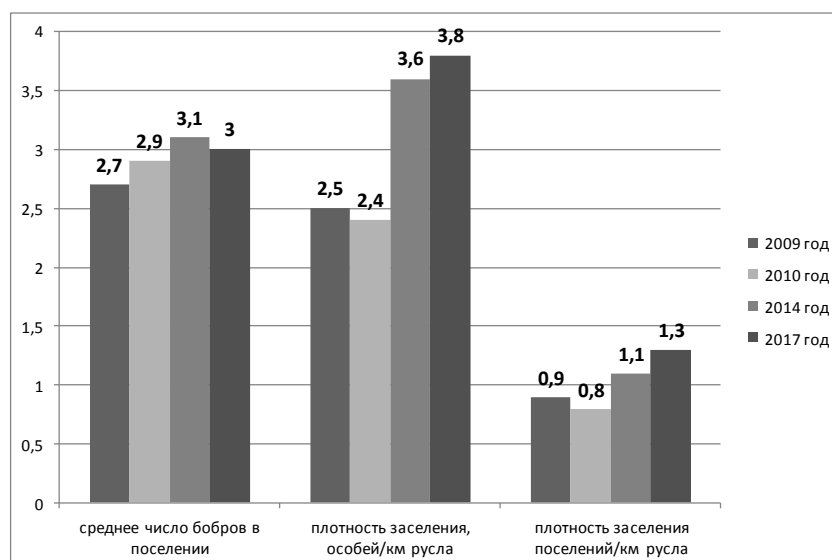


Рис. 2. Показатели популяционных характеристик на р. Большой Кинель у поселка Усть-Кинельский в годы проведения исследований

Бобры на исследованной природно-антропогенной территории занимают имеющиеся, ограниченные участки леса между строениями человека, используют узкую, доступную полосу прибрежного леса (порой до 10 метров). Популяционные характеристики, за некоторым исключением отдельных параметров в отдельные годы, свидетельствуют о стабильности популяции бобра на исследуемой территории.

Считаем что, бобры на исследованной территории, характеризующейся сильной антропогенной нагрузкой, деградацией прибрежной экосистемы являются фактором поддержания биоразнообразия, увеличения вещественных, энергетических и информационных связей.

Животные питаются такими древесно-кустарниковыми видами как различные ивы, тополь черный, дуб черешчатый, ольху черную, и вяз гладкий. Инвазионный, синантропный вид клен ясенелистный занимающий значительную долю (до 70 %) от общего состава древесно-кустарниковой растительности в местах поселений, бобры употребляют в пищу.

*Работа выполнена по заданию №5.7468.2017/БЧ Министерства образования и науки РФ на выполнение НИР «Разработка научных основ и обобщенной теории мониторинга, оценки рисков и снижения воздействия токсикологических загрязнений на биосферу».*

#### Литература

1. Шварц С. С. Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980. 215 с.
2. Бродняков В. В. Формирование популяции бобра (*Castor fiber* L.) Самарской области и оценка влияния кормового фактора // Вестник Сам.ГУ Естеств-науч. серия. N 2 (36). Самара, 2005. С. 220–230.
3. Шварц С. С. Экология и эволюция / Новое в жизни, науке и технике сер. Биология. М., 1974. 64 с.
4. Дьяков Ю. В. Бобры Европейской части Советского Союза. М.: Моск. рабочий, 1975. 480 с.

## МЛЕКОПИТАЮЩИЕ В МИКРОРАЙОНЕ РАДУЖНЫЙ г. КИРОВА

**В. М. Рябов**

*Вятский государственный университет, ryapitschi@yandex.ru*

Микрорайон Радужный г. Кирова (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 расположен 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 [1].

Наблюдения за составом и особенностями распространения млекопитающих проводили на территории ограниченной с севера объездной автодорогой сл. Сошени – Советский тракт, с запада: автодорогой от сл. Варсеги до объездной дороги Нововятск – Советский тракт, с юга и востока железной дорогой. Расположение микрорайона, его застройка и зеленые насаждения, наличие в непосредственной близости лесных массивов, содоводческих комплексов создают благоприятные условия для обитания некоторых видов зверей. Далее приводим аннотированный список млекопитающих, отмеченных в мкр. Радужный и его окрестностях в период с сентября 2008 г. по март 2018 г.

### **Отряд Насекомоядные – *Insectifora***

Семейство Ежовые – *Erinaceidae*

1. Бело грудый еж – *Erinaceus concolor* (Martin, 1838)

Обычный вид. Встречается как собственно в Радужном (территория ДС № 3, «Мишкин лес», МБОУ СОШ с УИОП №74, ул. Конституции 8, 10, 12, ул. Новая), так и в его окрестностях. С 2014 г. наблюдается тенденция увеличения численности. Отмечен факт зимовки в смешанной посадке шиповника и спиреи в 2016–2017 гг. На окраине поселка 17 сентября 2017 г. был отмечен нераспавшийся выводок (самка и три детеныша). Вероятно это был второй помет.

Семейство Кротовые – *Talpidae*

2. Европейский крот – *Talpa europaea* (L., 1758)

Обычный вид. На территории жилой и промышленной зоны микрорайона не отмечен, но довольно обычен в лесных массивах и садовых участках. В ельнике черничном (освещенная лыжная траса) число ходов крота в июле 2016 г. составляло 12 пересечений /км. В июне-июле 2017 г. отмечали гибель кротов на пониженных участках (n = 7).

Семейство Землеройковые – *Soricidae*

3. Средняя бурозубка – *Sorex caecutiens* (Laxmann, 1788)

Обычный вид. Встречается повсеместно, в том числе на территории жилой зоны (территории ДС № 3, «Мишкин лес», МБОУ СОШ с УИОП № 74, поликлиника).

4. Обыкновенная бурозубка – *Sorex araneus* (L., 1758)

Обычный вид. Встречается повсеместно, в том числе на территории жилой зоны (территории ДС № 3, «Мишкин лес», МБОУ СОШ с УИОП № 74, поликлиника)

**Отряд Хищные – *Carnivora***

Семейство Собачьи – *Canidae*

5. Лисица – *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758)

Обычный вид. Следы лисиц и визуальные встречи отмечены по всей описываемой территории. Известны случаи захода лисиц зимой 2015–2016 и 2016–2017 гг. на улицы Новая, Индустриальная, Мира. Следы мышкующих лисиц чаще всего встречаются на полях у сл. Шулаи, сл. Шельпяки, д. Соломинцы. С 2014 по 2017 гг. существовала выводковая нора на границе промзоны АО «КССК».

6. Енотовидная собака – *Nyctereutes procyonoides* (Gray, 1834)

Немногочисленный вид. Следы енотовидных собак ежегодно встречаются в окрестностях микрорайона в летний и осенний период.

7. Собака – *Canis lupus familiaris* (Linnaeus, 1758)

В микрорайоне Радужный и его окрестностях в настоящее время обитает группировка бродячих (одичавших) собак. Эти звери, в отличие от бесхозных и отпускаемых хозяевами на «вольный выпас» из окрестных деревень собак, легко отличимы по морфологическим признакам. Они имеют рыже-бурый, реже рыже-палевый окрас, не стоячие уши, слегка изогнутый (саблеобразный) хвост. В жилую зону заходят редко, предпочитают держаться в лесных массивах, садоводческих участках. Ведут стайный образ жизни. В начале зимы 2017–2018 г. группировка этих собак составляла 8–12 особей.

Семейство Медвежьи – *Ursidae*

8. Бурый медведь – *Ursus arctos* L.

За период наблюдений была отмечена единственная встреча следов медведя в окрестностях микрорайона. Не залегший на зиму зверь (или поднятый с берлоги?) 18 ноября пересек автодорогу Нововятск – Советский тракт и ушел в южном направлении. Тропление показало, что зверь практически прямолинейно шел на юго-запад более 15 км, обходя стороной населенные пункты и садовые участки.

Семейство Куньи – *Mustelidae*

9. Лесная куница – *Martes martes* (Linnaeus, 1758)

Обычный немногочисленный вид. Следы лесной куницы ежегодно встречаются в районе освещенной лыжной трассы, около и на территории садовых участков у д. Варсеги.

10. Ласка – *Mustela nivalis* (Linnaeus, 1758)

Обычный вид. Следы ласки в зимний период ежегодно встречаются на окраинах микрорайона, по опушкам лесных массивов, в садоводческих поселках.

11. Горноста́й – *Mustela erminea* (Linnaeus, 1758)

Обычный немногочисленный вид. Следы горноста́я несколько реже, чем следы ласки встречаются ежегодно в зимний период на окраинах микрорайона, по опушкам лесных массивов, в садоводческих поселках.

12. Лесной (черный) хорь – *Mustela putorius* (Linnaeus, 1758)

Редкий вид. Следы черных хорей на описываемой территории встречаются редко и не ежегодно. Их следы мы отмечали вдоль железной дороги и на границе промзоны АО «КССК» в 2010, 2011, 2013, 2015, 2017 гг. Следы хоря, наблюдаемые в течение двух недель в феврале 2017 г. на территории парка «Мишкин лес» и у Радужнинской школы искусств вероятнее всего принадлежали сбежавшему от хозяев одомашненному хорю.

13. Американская норка – *Mustela vison* (Schreber, 1777) (син. *Neovison vison* (Baryschnikov, Abramov, 1997))

Редкий вид. Биотопов пригодных для постоянного обитания американской норки в окрестностях микрорайона нет. Однако следы норки мы наблюдали вдоль придорожной канавы и временного водотока вдоль забора АО «КССК» в ноябре 2013, 2015, 2017 гг.

Семейство Кошачьи – *Felidae*

14. Рысь – *Felis lynx* (Linnaeus, 1758)

Редкий вид. За весь период наблюдения на указанной территории только дважды отмечали следы рыси. В феврале 2011 г. крупная особь (вероятно самец) в течение двух суток находилась в еловом «острове» примыкающем к садам в д. Варсеги. Отмечена неудачная попытка охоты этого зверя на лисицу. След молодой рыси перешедшей через автодорогу Нововятск – Советский тракта мы отмечали 25 февраля 2015 г. Тропление показало что зверь зашел через садоводческие участки на территорию Нововятского района г. Кирова (около ст. Поздино).

**Отряд Зайцеобразные – *Lagomorpha***

Семейство Зайцевые – *Leporidae*

15. Заяц-беляк – *Lepus timidus* (Linnaeus, 1758)

Обычный немногочисленный вид. В 2008–2010 гг. следы беляка на данной территории не отмечались. С 2011 г. по настоящее время численность зайца постепенно увеличивается. В зимний период 2017–2018 гг. в окрестностях микрорайона обитало не менее 7 особей. Фактов захода зайцев в жилую зону не отмечено. Однако 24 марта этого года следы беляка отмечали у остановки «Переулок Школьный». Заяц пришел из поля со стороны д. Соломинцы и копал снег, вероятно привлеченный солью, используемой для противоледовой обработки.

**Отряд Грызуны – *Rodentia***

Семейство Беличьи – *Sciuridae*

16. Обыкновенная летяга – *Pteromys volans* (Linnaeus, 1758)

Редкий немногочисленный вид. Изредка встречается в лесных (еловых) массивах, примыкающих к микрорайону. Известна старая дуплистая ель, в которой с 2014 по 2018 гг. обитает (обитают) летяга.

17. Обыкновенная белка – *Sciurus vulgaris* (Linnaeus, 1758)

Обычный вид. В годы с высоким урожаем семян ели многочисленна. В отдельные годы (2011, 2014, 2016, 2017) обитает на территории жилой зоны микрорайона («Мишкин лес», поликлиника). В сентябре 2015 и 2017 гг. косящие белки встречались практически на всех улицах Радужного. В годы с низким урожаем (или его отсутствием) семян ели основная масса белок откочевывает. Однако, в течение всего зимнего периода в такие годы (2013–2014, 2017–2018) белки встречаются на прогулочных тропах в окрестных лесах и вдоль освещенной лыжной трассы, где они кормятся на многочисленных птичьих кормушках.

Семейство Хомяковые – *Cricetidae*

18. Рыжая полевка – *Clethrionomys glareolus* (Schreber, 1780)

Обычный многочисленный вид. Доминирующий вид в зооценозах лесных массивов. Реже встречается на территории садовых участков. Единично отмечена в жилой зоне (территории ДС № 3, «Мишкин лес», МБОУ СОШ с УИОП №74, поликлиника).

19. Водяная полевка – *Arvicola terrestris* (Linnaeus, 1758)

Обычный немногочисленный вид. Отмечена на территории садовых участков. В августе 2017 г. зафиксировано резкое увеличение численности. По опросным данным известны факты нанесения ущерба урожаю овощных культур

20. Полевка-экономка – *Microtus ocoenomus* (Pallas, 1776)

Редкий вид. Отмечена единичная встреча полевки-экономки в октябре 2016 г. у границы промзоны АО «КССК».

21. Обыкновенная полевка – *Microtus arvalis* (Pallas, 1778)

Обычный многочисленный вид. Доминирующий вид в зооценозах безлесных участков. Реже встречается на территории садовых участков. Единично отмечена в жилой зоне (территории ДС № 3, «Мишкин лес», МБОУ СОШ с УИОП № 74, поликлиника).

Семейство Мышиные – *Muridae*

22. Полевая мышь – *Apodemus agrarius* (Pallas, 1771)

Обычный вид. Обитание этого вида отмечено на зарастающих полях в окрестностях Радужного. Реже встречается в садовых поселках.

23. Лесная (малая лесная) мышь – *Apodemus uralensis* (Pallas, 1811)

Обычный немногочисленный вид. Обитание лесной мыши зафиксировано в прилегающих лесных массивах, где она немногочисленна. Чаще встречается на территории садовых участков.

24. Домовая мышь – *Mus musculus* (Linnaeus, 1758)

Обычный вид. По опросным данным обитает на территории сл. Шулаи, Шельпяки, дд. Соломинцы, Татары. Нет данных об обитании этого вида собственно на территории Радужного.

25. Серая крыса – *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769)

Обычный вид. По опросным данным обитает на территории сл. Шулай, Шельпяки, дд. Соломинцы, Татары. Собственно на территории Радужного следы серых крыс наблюдали зимой 2016 г. у магазина «Петровский и районе ДС № 3.

**Отряд Парнокопытные – *Artiodactyla***

Семейство Свиные – *Suidae*

26. Кабан – *Sus scrofa* (Linnaeus, 1758)

Редкий вид. Известны отдельные заходы кабанов в окрестности микрорайона Радужный. В августе–сентябре 2016 г. стадо кабанов из 7 особей обитало около д. Варсеги. Там же зимой 2016–2017 г. и в начале зимы 2017 г. постоянно обитал взрослый секач.

Семейство Оленьи – *Cervidae*

27. Лось – *Alces alces* (Linnaeus, 1758)

Редкий вид. Ежегодно в летний, реже осенний период отмечали заходы лосей на данную территорию. В период с мая по сентябрь 2016 г. около промзоны АО «КССК» постоянно обитала лосиха с двумя телятами. В июле 2017 г. у д. Варсеги в течение недели держалось 4 лося: взрослый самец, годовалый бык, взрослая самка с теленком.

Таким образом, на территории микрорайона Радужный и в его окрестностях отмечено пребывание 27 видов млекопитающих, что составляет около 40% от состава фауны млекопитающих Кировской области [2]. Редких и внесенных в Красные книги Кировской области [3] и Российской Федерации [4] видов отмечено не было. Видовой состав представлен типичными обитателями южной тайги. Два вида (домовая мышь и серая крыса) являются синантропами. Пребывание на данной территории 5 видов носит случайный характер (рысь, бурый медведь, американская норка, полевка-экономка, кабан). Остальные виды обитают на этой территории постоянно, колебания их численности имеют естественный характер.

### Литература

1. Рябов В. М. Состав зимней орнитофауны микрорайона Радужный г. Кирова // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2017. С. 229–233.
2. Энциклопедия земли Вятской. Т. 7. Природа. Киров, 1997. 606 с.
3. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы / Под ред. О. Г. Барановой, Е. П. Лачохи, В. М. Рябова, В. Н. Сотникова, Е. М. Тарасовой, Л. Г. Целищевой. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.
4. Красная книга Российской Федерации. Животные. М.: Астрель, 2001. 863 с.



Научное издание

ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ:  
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Материалы XIII Всероссийской научно-практической  
конференции с международным участием

23–24 апреля 2018 г.

Книга 2

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова, Т. П. Клабукова

Дизайн обложки: А. С. Тимонов

Подписано в печать 17.04.2018 г. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 14,95.

Тираж 50 экз. Заказ № 5168.

Отпечатано с готового оригинал-макета в центре полиграфических услуг

Вятского государственного университета,

610000, г. Киров, ул. Московская, 36.