



ИБ ФИЦ Коми  
НЦ УрО РАН

# ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ: проблемы и пути их решения

## КНИГА 2

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

Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук

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

Материалы  
XVIII Всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием

24–25 апреля 2023 г.

Книга 2

Киров 2023

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

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

**Ответственный редактор:**

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

**Редакционная коллегия:**

**И. Ф. Чадин**, директор, канд. биол. наук, **С. Г. Литвинец**, проректор, канд. с.-х. наук, **Л. И. Домрачева**, профессор, д-р биол. наук, **Л. В. Кондакова**, профессор, д-р биол. наук, **А. С. Олькова**, с. н. с., д-р биол. наук, **И. Г. Широких**, в. н. с., д-р биол. наук, **Т. А. Адамович**, доцент, канд. геогр. наук, **Е. В. Береснева**, профессор, канд. пед. наук, **Е. В. Дабах**, доцент, канд. биол. наук, **Г. Я. Кантор**, с. н. с., канд. техн. наук, **Т. И. Кутявина**, с. н. с., канд. биол. наук, **С. Ю. Огородникова**, доцент, канд. биол. наук, **С. В. Пестов**, доцент, канд. биол. наук, **В. В. Рутман**, м. н. с., **В. М. Рябов**, старший преподаватель, **Е. В. Рябова**, доцент, канд. биол. наук, **С. Г. Скугорева**, доцент, канд. биол. наук, **Н. В. Сырчина**, доцент, канд. хим. наук, **Е. В. Товстик**, доцент, канд. биол. наук, **А. И. Фокина**, доцент, канд. биол. наук, **С. В. Шабалкина**, доцент, канд. биол. наук.

Э 400 Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. (г. Киров, 24–25 апреля 2023 г.). – Киров : Вятский государственный университет, 2023. – 451 с.

ISBN 978-5-98228-265-1 (Книга 2)  
ISBN 978-5-98228-263-7

В книгу вошли материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Экология родного края: проблемы и пути их решения». Представлены результаты мониторинга состояния окружающей среды и экологические проблемы регионов России и других стран. Значительное место в сборнике занимают материалы по результатам и методам изучения биологии и экологии растений, животных и микроорганизмов в изменяющихся условиях окружающей среды. Представлены работы по химии и экологии почв. Рассмотрены экологические аспекты обращения с отходами производства и потребления, вопросы экологического образования, воспитания и просвещения. 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.

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 978-5-98228-265-1 (Книга 2)  
ISBN 978-5-98228-263-7

© Вятский государственный университет  
(ВятГУ), 2023

# СОДЕРЖАНИЕ

## СЕКЦИЯ 4

### ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

<b>Прокашев А. М., Вартан И. А., Матушкин А. С., Краева В. И., Зашихин А. А.</b> Дерново-карбонатные почвы на элювии песчаника – раритеты в мире вятских почв.....	10
<b>Дабах Е. В.</b> Почвы на двучленных отложениях в центральной части Кировской области .....	15
<b>Лантева Е. М., Панюков А. Н., Холопов Ю. В.</b> Пойменные почвы долины р. Печора: разнообразие, продуктивность, современное экологическое состояние .....	18
<b>Демченко А. В., Шахтарова О. В., Денева С. В., Лантева Е. М.</b> Содержание и состав конкреций в тундровых почвах Республики Коми.....	22
<b>Скребенков Е. А., Кряжева Е. Ю., Василевич М. И., Лантева Е. М.</b> Оценка содержания тяжелых металлов и мышьяка в почвах города Ухта .....	26
<b>Смотрина Ю. А., Лантева Е. М., Далькэ И. В., Захожий И. Г.</b> Влияние <i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden. на почвы постагрогенных экосистем Республики Коми.....	29
<b>Филимонова А. В.</b> Палеопалинологическое исследование дерново-подзолистых почв со сложным органопротилем в реконструкции изменения климата и растительного покрова голоцена .....	32
<b>Кононова О. Е.</b> Этапы формирования болотных экосистем южно-таежной подзоны Кировской области в голоцене.....	37
<b>Стахурлова Л. Д., Филатова А. В.</b> Агрехимические свойства черноземных почв заказника «Каменная степь» под различными биоценозами .....	42
<b>Волкова И. Н., Волошина Е. Д., Иванчук Г. О., Фролов Г. В.</b> Тяжелые металлы в почвах различных функциональных зон Ярославля, Рыбинска и Тутаева .....	45
<b>Серова П. В., Петренко Д. Б., Свердлов Н. Д.</b> Оценка концентраций платины в придорожных почвах г. Мытищи .....	51
<b>Волкова Е. Н.</b> Оценка загрязненности почвогрунта после прекращения эксплуатации полигона твердых коммунальных отходов.....	54
<b>Сырчина Н. В., Пилип Л. В.</b> Влияние натуральных мелиорантов на подвижность цинка в почвах .....	57
<b>Швецов И. С., Воробьева Д. В., Прохорова Н. В.</b> Эколого-геохимические особенности почвенного покрова городов Самара и Ульяновск .....	61
<b>Александрова А. Б., Кулагина В. И., Маланин В. В., Марасов А. А.</b> Запасы углерода в подстилках березовых фитоценозов в условиях особой охраны.....	64

<b>Павленко Е. С., Иващенко К. В., Сушко С. В., Дворников Ю. А.</b>	
Оценка запасов углерода в почве пастбищных лугов при их зарастании древесной растительностью в горах Северо-Западного Кавказа .....	67
<b>Пигалева Е. М.</b> Влияние различных доз биоугля из яблочного жмыха на эмиссию диоксида углерода из дерново-подзолистой почвы.....	71
<b>Назаренко Н. Н.</b> Диагностика процессов цикла азота в оценке биологической активности почв г. Воронежа .....	75
<b>Утомбаева А. А., Зайнулгабидинов Э. Р., Петров А. М.</b> Влияние термически обработанного осадка сточных вод на рост растений на нефтезагрязненной почве.....	79
<b>Каримуллин Л. К., Кузнецова Т. В., Зайнулгабидинов Э. Р., Петров А. М.</b> Динамика ферментативной активности нефтезагрязненной серой лесной почвы в присутствии гранулированного осадка сточных вод ...	84
<b>Сакаева Э. Х., Юдина Д. Р.</b> Влияние нефтяных углеводородов на дыхание загрязненных почв .....	87
<b>Петров А. А.</b> Направленность биохимических процессов в почве при разных технологиях возделывания полевых культур.....	90
<b>Воронина Л. П., Поногайбо К. Э.</b> Сведения, необходимые для актуализации ПДК в почве .....	95
<b>Ручкина К. В., Мерзляков О. Э.</b> Основные правила отбора и подготовки проб почв для детекции микропластика.....	99

## СЕКЦИЯ 5

### ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

<b>Широких И. Г., Дабах Е. В., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я.</b>	
Разнообразие прокариотных сообществ в почвах при самозаращении засыпанного хранилища техногенных отходов.....	104
<b>Индоиту Д. Д.</b> Цианопрокариоты типичного и карбонатного черноземов Молдовы.....	108
<b>Широких А. А., Широких И. Г.</b> Изучение биоценоза биопленки из системы предварительной очистки воды .....	113
<b>Мокрушина С. Э., Широких И. Г.</b> Характеристика актиномицетов из ризосферы Melissa officinalis .....	118
<b>Боков Н. А., Широких И. Г.</b> Повышение целлюлазной активности стрептомицетов в бинарных культурах.....	122
<b>Гембицкая Е. А., Широких И. Г.</b> Чувствительность к антибактериальным препаратам актинобактерий из разных почв .....	128
<b>Злобина Ю. А., Широких А. А.</b> Общее содержание полифенольных веществ в композитном субстрате при культивировании базидиальных грибов.....	132
<b>Никифоров Н. А., Широких А. А.</b> Методические подходы к изучению грибоподобных протистов в лесных экосистемах .....	134

<b>Борисова Г. Г., Подставкина А. В., Воропаева О. В., Малева М. Г., Трипти</b> Влияние цинка на ростстимулирующие свойства изолятов ризобактерий <i>Pseudomonas</i> sp. ....	113
<b>Коротких А. И., Домрачева Л. И., Ковина А. Л.</b> Эпифитная и ризосферная микробиота гербарных образцов растений разных семейств .....	142
<b>Стариков П. А., Домрачева Л. И., Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М.</b> Влияние предпосевной инокуляции семян пшеницы на развитие аборигенной бактериобиоты в ризосфере .....	147
<b>Кондакова Л. В., Кислицына А. П.</b> Биология однолетних кормовых и сидеральных культур, их связи с фототрофными микроорганизмами почвы .....	152
<b>Кондакова Л. В., Веретенникова С. Р.</b> Группировки почвенных водорослей в ризосфере сосны обыкновенной .....	157
<b>Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Стариков П. А., Волкова Л. В.</b> Продуктивность яровой пшеницы на фоне микробной инокуляции семян ...	162
<b>Сырчина Н. В., Пилип Л. В.</b> Влияние химических реагентов на численность кишечной палочки в жидкой фракции навозных стоков .....	168
<b>Дайнеко Н. М., Тимофеев С. Ф.</b> Влияние биопрепаратов на численность некоторых агрономически полезных групп микроорганизмов в посевах озимой ржи .....	172
<b>Нижельский М. С, Казеев К. Ш.</b> Микробиологический мониторинг почв после влияния дыма при пожарах .....	176
<b>Цуркан О. П., Сырбу Т. Ф.</b> Методы поддержания микробных культур .....	179
<b>Бурцева С. А., Бырса М. Н., Сырбу Т. Ф.</b> Биологическая активность актинобактерий редких родов водной толщи системы озер «La izvor» (г. Кишинев) .....	183
<b>Богдан-Голубь Н. Ю., Балан Л. М., Сланина В. А., Бырса М. Н.</b> Сравнительная характеристика энзиматической активности бактерий, выделенных из озерной системы «Ла извор» (г. Кишинев) .....	187
<b>Симакова В. С.</b> Комплексная оценка влияния синтетических поверхностно-активных веществ на рост и развитие микроорганизмов (на примере автошампуней) .....	192
<b>Кузнецова Т. В., Утомбаева А. А., Зайнулгабидинов Э. Р., Петров А. М.</b> Влияние гранулированных осадков сточных вод на микробценоз нефтезагрязненной серой лесной почвы .....	197
<b>Дрозденко Т. В., Антал Т. К.</b> Фитопланктон как индикатор качества воды дельты реки Великой (Псковская область) .....	200
<b>Любин П. А., Абрамова К. И.</b> Соответствие сукцессии планктонных сообществ р. Казанки PEG-модели Зоммера .....	205
<b>Дрозденко Т. В., Тимофеев И. В.</b> Видовая структура и экологические особенности фитопланктона озер Калацкое и Лесицкое (Псковская область, Печорский район) .....	209

<b>Мирный М. О.</b> Влияние микробиоты кишечника человека на развитие, течение и терапию шизофрении.....	214
<b>Агалакова И. С., Лундовских И. А.</b> Выбор генетических маркеров для типирования возбудителей септориоза на территории России .....	218
<b>Сырбу Т. Ф., Молдован К. Е., Бурцева С. А.</b> Энзиматическая активность микромицетов, выделенных из озерной системы «Ла извор» (г. Кишинев)..	221

## СЕКЦИЯ 6

### БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

<b>Саая А. К.</b> Экология и таксономическое разнообразие миксомицетов с. Бай-Хаак Республики Тыва.....	228
<b>Сосновицкая Е. А., Дюкова А. С., Худайкулыева Г. М.</b> Сезонная динамика показателей фитопланктона реки Иванчиха Мантуровского кластера государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына.....	231
<b>Топорова П. В., Дюкова А. С.</b> Биоразнообразие лишайников Кологривского кластера государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына.....	233
<b>Ноздрин Ю. В., Дюкова А. С.</b> Таксономическая структура и видовой состав мохообразных Мантуровского кластера государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына.....	238
<b>Абдураимов А. С., Данияров С. А., Абдураимова Д. С.</b> Эндемичные растения Таркапчигайского ботанико-географического района (Республика Узбекистан) .....	241
<b>Сакиев К. Б., Туракулова Д. Э., Саттаров М. Э., Назаров Б. Б.</b> Уникальные лекарственные растения, встречающиеся в Зааминском национальном парке и используемые в народной медицине.....	244
<b>Абдураимов О. С., Махмудов А. В., Алламуротов А. Л.</b> Оценка состояния ценопопуляций <i>Hordeum spontaneum</i> К. Koch на территории Республики Узбекистан .....	247
<b>Рогов С. А., Редникова Г. А., Рогова Н. А.</b> Состояние популяций редких видов растений на территории памятника природы регионального значения Самарской области «Похвистневские пригородные дубравы» .....	253
<b>Бушуева Ю. О., Гудовских Ю. В., Ярославцев А. В., Лугинина Е. А., Кислицына А. В.</b> Новые находки редких и охраняемых видов растений в Кировской области .....	256
<b>Костылева А. А., Соловьева В. В.</b> Цицания широколистная: история интродукции в Заволжье, фенология и практическое значение .....	261
<b>Муродов С. А., Хожиматов О. К.</b> Биологические особенности и практическая значимость рода <i>Cistanche</i> Hoffmanns. & Link (Узбекистан)...	265
<b>Ворожцова М. М., Ворожцова А. В., Шабалкина С. В.</b> Оценка древесных растений на постагrogenных территориях в окрестностях пгт. Верхошижемье (Кировская область) .....	268

<b>Бушуева К. А., Шабалкина С. В.</b> Особенности древесных растений на растающих участках в окрестностях г. Кирова.....	273
<b>Конопляников М. А., Дюкова А. С.</b> Выявление закономерностей изменения пигментного состава растений как механизма адаптации к различным условиям произрастания .....	276
<b>Катунова И. Д., Воротников В. П.</b> Выращивание растений салата при разных световых режимах .....	281
<b>Чуракова С. А.</b> Влияние засухи на работу фотосистемы II гибридов пшеницы .....	285
<b>Полякова Д. М., Ягольник Е. А., Хапкина А. В.</b> Оценка качества сырья крапивы двудомной ( <i>Urtica dioica</i> L.) из разных биотопов Щекинского района .....	289
<b>Козвонин В. А., Маслова А. А., Тупицын В. К., Сазанов А. В.</b> Оценка возможности определения антиоксидантной активности растительного сырья (плоды аронии черноплодной) методом биофлуоресценции.....	292
<b>Тоинова С. А., Коледаева Е. В.</b> Молекулярные маркеры в идентификации лекарственного растения <i>Thymus serpyllum</i> L.....	294
<b>Скугорева С. Г.</b> Вещества растительного происхождения в защите древесины от действия микроорганизмов-деструкторов .....	298
<b>Жданова О. Б., Часовских О. В., Дунаева Е. Б., Вишняков А. В., Мутшвили Л. Р., Данилова А. Д., Пушкарёва Т. Д., Махнев М. М., Заболотских Е. А.</b> Перспективы применения препаратов из лишайников в качестве адаптогенов и иммуностимуляторов .....	302
<b>Жданова О. Б., Рыболовлева А. А., Тоинова С. А., Дунаева Е. Б., Мутшвили Л. Р., Часовских О. В.</b> Перспективы применения препаратов из мха в качестве стимуляторов регенерации .....	305
<b>Соловьёва А. Ю., Коновалова Д. В., Товстик Е. В., Козвонин В. А.</b> Абсорбционные свойства и паропроницаемость фитопленок на основе желатина .....	309
<b>Сергушкина М. И., Попыванов Д. В., Соломина О. Н., Зайцева О. О., Худяков А. Н.</b> Современные особенности криоконсервирования культур клеток растений.....	312
<b>Щеклеина Л. М.</b> Вредоносность фузариозного поражения колоса и поиск устойчивых генотипов яровой пшеницы .....	316
<b>Соловьёва Е. С., Товстик Е. В., Шуплецова О. Н.</b> Влияние токсичности алюминия на продолжительность вегетационного периода и структуру урожайности ячменя .....	321

## СЕКЦИЯ 7

### БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

<b>Бердник С. В., Токинова Р. П.</b> Видовой состав и структура населения микротурбеллярий в весенних водоемах Казани .....	326
<b>Береснев Я. А.</b> О влиянии европейского лося – <i>Alces alces</i> на лесной подрост.....	329



<b>Богданов Г. А., Бедова П. В.</b> Фауна позвоночных животных памятника природы Республики Марий Эл «Карман Курык» .....	332
<b>Дандаа О. В.</b> Синантропные птицы микрорайона Вавилинский затон (г. Кызыл) в осенне-зимний период.....	335
<b>Егорова А. В., Гатиятуллина А. Ф., Калининкова Т. Б.</b> Быстрая адаптация нематоды <i>Caenorhabditis elegans</i> к антигельминтному препарату пирантелу.....	340
<b>Калининкова Т. Б., Гатиятуллина А. Ф., Егорова А. В.</b> Возможности использования линии IPE1 нематоды <i>Caenorhabditis elegans</i> в токсикологическом анализе.....	344
<b>Клеткина М. С., Мурадова Л. В.</b> Характеристика популяций травяной лягушки ( <i>Rana temporaria</i> ) и остромордой лягушки ( <i>Rana arvalis</i> ) на территории Мантуровского участка государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына.....	347
<b>Климова А. С., Сиротина М. В.</b> Экологические особенности популяции полевой мыши ( <i>Apodemus agrarius</i> (Pallas, 1771)) на территории Костромского лесничества .....	352
<b>Кочурова Т. И.</b> Состав и встречаемость представителей отряда двукрылые (Diptera) в зообентосе водоемов Кировской области .....	357
<b>Куватов А. К.</b> Ихтиофауна Учкызылского водохранилища .....	361
<b>Лименова С. А., Мерзлякова А. В., Масленникова О. В.</b> Редкие и краснокнижные виды птиц заповедника «Центральносибирский» .....	364
<b>Майданов К. В., Мельникова А. В.</b> Характеристика питания леща Нижнекамского водохранилища в период осеннего нагула .....	368
<b>Огородникова С. Ю., Пестов С. В., Харина Н. С., ШUTOва А. С.</b> Биохимический отклик листьев боярышника на повреждение фитофагами и фитопатогенами .....	372
<b>Панфилов А. Б., Быкова К. Р., Набиуллина Л. И.</b> Аскаридоз человека на территории Российской Федерации и Кировской области .....	376
<b>Петрова С. М., Сиротина М. В., Климова А. С.</b> Морфометрические и морфофизиологические особенности популяций микромаммалий Кологривского кластера заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына.....	380
<b>Плотникова О. М., Михалева Е. П., Никитина Д. С.</b> Хроническое влияние низких доз глифосата на некоторые показатели гомеостаза лабораторных мышей .....	384
<b>Пышкин В. Б., Кобечинская В. Г., Прыгунова И. Л.</b> Биологическое разнообразие карабитдофауны ( <i>Insecta: Carabidae</i> ) яйл Крымских гор .....	387
<b>Рузина А. Н., Ситникова О. Н.</b> Орнитофауна Мантуровского участка заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына.....	391
<b>Сиротин А. Л., Сиротина М. В.</b> Сезонная динамика сообщества зоопланктона на зоогенно-трансформированных участках р. Прянки .....	394
<b>Стеклова А. А.</b> Антофильные насекомые, посещающие некоторые виды зонтичных в Тульской области.....	398

<b>Тимофеев А. Н.</b> Атипичные животные заповедника «Дивногорье» (Воронежская область, Россия) .....	402
<b>Федотова Е. Е., Мурадова Л. В.</b> Гельминтофауна амфибий Кологривского кластера государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына .....	406

## СЕКЦИЯ 8

### ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ, ВОСПИТАНИЕ, ПРОСВЕЩЕНИЕ

<b>Ярусова С. Б., Смышляев А. М., Вишкова Т. С., Иваненко Н. В., Гатаулина С. Ю.</b> К вопросу о повышении эффективности интеграции специалистов в области экологического образования и экопросвещения .....	411
<b>Кузменко И. Н., Тапорчикова И. В.</b> Экологическое образование и воспитание в учреждениях образования .....	415
<b>Нестерова А. А.</b> Развитие идей средового подхода к экологическому просвещению российских школьников в 1990–2000-х гг. ....	418
<b>Алехно А. В., Дайнеко Н. М.</b> Экологическое воспитание учащихся сельских школ посредством работы ресурсного центра эколого-биологического профиля.....	421
<b>Бикчурова З. М., Гайсин И. Т., Валиев М. Р.</b> Развитие экологической компетентности обучающихся на уроках биологии и во внеурочной деятельности.....	425
<b>Липкина А. Е., Багрова Т. Н.</b> Формирование экологического сознания молодежи через экотуризм на примере стратегии развития Тебердинского национального парка .....	428
<b>Савенкова Д. С.</b> Экскурсия на памятник природы регионального значения Оренбургской области «Скалистый яр» (Новоорский район) .....	431
<b>Жуйкова И. А., Тимина В. В.</b> Использование геопространства экологической тропы с целью усиления практико-ориентированного обучения современных школьников.....	434
<b>Недюрмагомедов Г. Г., Арсланханова К. Ш.</b> Природные объекты как средство экологического воспитания учащихся основной школы .....	438
<b>Кутищева А. С., Свистова И. Д., Корецкая И. И.</b> Цикл лабораторных работ «Микромицеты черноземных почв» в системе внеурочной деятельности школьников.....	442
<b>Егоровых Д. Д., Олькова А. С.</b> Значение разовых внеурочных экологических мероприятий в повышении экологической грамотности .....	445
<b>Дробунин Р. Б., Канапина К. К.</b> Реализация эколого-социального проекта «1000 и 1 крышечка» в г. Ишиме (Тюменская область) .....	448

## СЕКЦИЯ 4 ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

### ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫЕ ПОЧВЫ НА ЭЛЮВИИ ПЕСЧАНИКА – РАРИТЕТЫ В МИРЕ ВЯТСКИХ ПОЧВ

*А. М. Прокашев, И. А. Вартан, А. С. Матушкин, В. И. Краева,  
А. А. Зашихин*

*Вятский государственный университет,  
amprokashev@gmail.com*

В статье представлены результаты исследований гранулометрического, валового химического состава и некоторых свойств интразональных почв, выявленных в пределах Верхневетлужской низменности. Они возникли на коре выветривания пермских песчаных карбонатных отложений, образующих холм, сложенный плитчатым песчаником разной степени выщелоченности. Это привело к формированию катены в составе рендзины и дерново-карбонатной оподзоленной почвы с различной морфологией и свойствами минеральной части почв.

Ключевые слова: рендзины, дерново-карбонатные почвы на легких карбонатных породах.

На наличие самостоятельных почвенных типов под именем дерново-карбонатных почв и рендзин впервые было указано Н. М. Сибирцевым в 1885 г. Они отнесены учёным к особой интразональной группе, обязанной своей широкой географией и генезисом материнским породам, богатым углекислой известью – известнякам, мергелям, доломитам, мелу и т. п. [1]. Последние известны как стимуляторы дернового процесса в почвах различных, в т. ч. гумидных лесных ландшафтов, обеспечивающие повышенное плодородие по сравнению с зональными типами. Исследователем подчеркивалась их близкая к нейтральной реакция и тяжёлый, преимущественно глинистый гранулометрический состав. Такие характеристики получили подтверждение в ходе дальнейших почвенных изысканий во многих регионах нашей страны и зарубежных стран. Аналогичные сведения были представлены В. В. Тюлиным в одной из первых публикаций, посвященных данному типу почв в Кировской области [2]. Одним из авторов этого материала позднее была выявлена и изучена уникальная дерново-карбонатная почва специфического рода – со вторым (реликтовым) гумусовым горизонтом на карбонатных пермских глинах Мари-Турекского плато [3]. Упоминание о факте присутствия небольших ареалов дерново-карбонатных почв на породах легкого грануломет-

рического состава – легкосуглинистых, реже супесчаных – имеется в работе Л. А. Протасовой о почвах Пермского Предуралья [4].

Из сказанного следует: во-первых, факт почти полного отсутствия в литературе работ о дерново-карбонатных почвах на легких песчано-супесчаных отложениях; во-вторых, доминирование взгляда о малой вероятности формирования такого рода педообъектов; в-третьих, недостаточная степень изученности почв данного типа на территории Кировской области в целом. Этим определяется актуальность настоящей публикации.

Объектом исследования служили дерново-карбонатные почвы легкого песчаного состава, выявленные нами в междуречье бассейнов Верхней Ветлуги и Моломы. Рельеф – низменная равнина со спокойными холмисто-мягкоувалистыми формами. Преобладающие абсолютные высоты – 140–150 м, относительные – 30–40 м (рис.). Поверхностный чехол горных пород весьма неоднороден. Он являет собой чередование древних пермских и молодых четвертичных отложений [5]. К первым относятся выступы элювиально-делювиальных образований возрастом 250 млн лет; ко вторым – ареалы моренных суглинистых и водно-ледниковых песчанистых наносов днепровского времени седиментации, возникшие 210–170 тыс. л. н. Последние тяготеют к более низким поверхностям междуречий. Доледниковые формы рельефа в четвертичное время подвергались избирательной моделировке ледником и его талыми водами, стекающими с южной покатости Северных Увалов. Это создало условия для избирательного сохранения останцов из плотных коренных пород в виде песчано-гравийных холмов, по-местному – пуг.

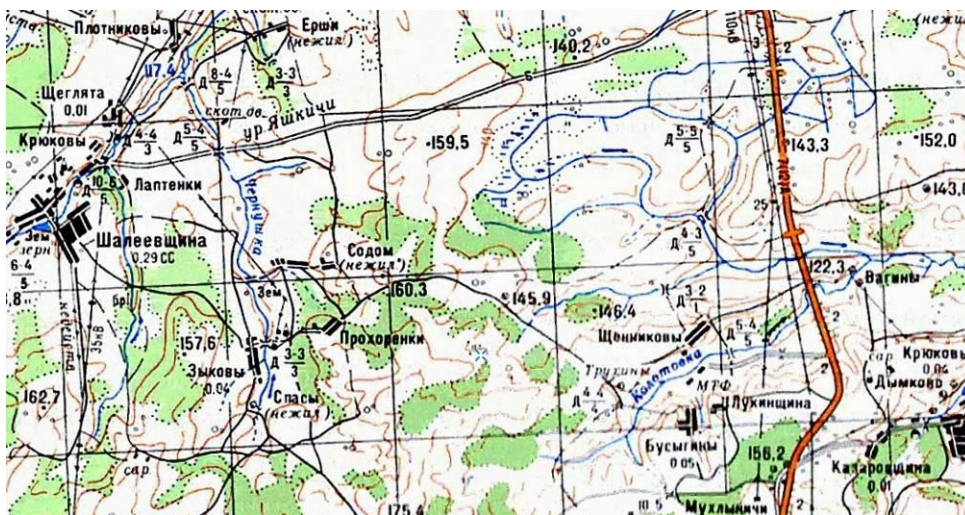


Рис. Фрагмент карты района исследований: в круге показано местоположение ур. Мысы

Рассматриваемые почвы обнаружены на одной из таких пуг в урочище Мысы (Котельничский р-н), севернее районного центра. Холм караваяобразной формы высотой около 146 м над у. м. сложен блочно-плитчатым карбонатным песчаником. С южной и западной сторон он покрыт луговой растительностью, а с восточной и северной – древесно-кустарниковыми молодыми вторичными лесами из березы и сосны. Соседние пространства в недавнем

прошлом были заняты агроландшафтами. Ныне наиболее пониженные участки постепенно замещаются сыроватыми лугами, и залежные угодья подвергаются демуляции.

В сообщении презентованы, главным образом, данные о морфологии, гранулометрическом и валовом химическом составе почв, отнесенных нами к дерново-карбонатной семье.

Они изучены методами Качинского и рентгенофлуоресцентного анализа (RFA), соответственно. Реакция почв определена на рН-метре ST 20, содержание гумуса – методом Тюрина с фотометрическим окончанием. Для примера приводятся данные по двум разрезам из серии исследованных почв.

*Разрез М-2* рендзины малогумусной песчаной на элювии песчаника карбонатного заложен в июне 2022 г. на склоне холма западной экспозиции с углом наклона около  $10^0$ , покрытом злаково-разнотравным лугом ксероморфного облика с обилием ромашки и кошачьей лапки; средняя высота травостоя – 25 см, проективное покрытие – 50%; увлажнение атмосферное, умеренное, временно недостаточное.

Строение профиля:

АУса(0–24 см): влажноватый, серо-коричневый, местами с сиреневым оттенком, песчаный с частыми включениями беловато-сероватых фрагментов карбонатного песчаника, непрочно-мелкокомковатый, близкий к бесструктурному, рассыпчатый, плотный (из-за включений карбонатного песчаника), реагирует с 10% HCl, локально наблюдаются субгоризонтальные сиреневатые налёты гидроксидов Mn, корней много, переход ясный, волнистый, близкий к постепенному.

АУRca(24–35 см): влажный, коричневый с сиреневым оттенком и сероватыми пятнами, песчаный с обильными, практически сплошными скоплениями щебня, препятствующими углублению шурфа, энергично реагирует с HCl, корни редкие, переход в более глубокие толщи невозможен из-за сплошного залегания карбонатного песчаника.

*Разрез М-3* дерново-карбонатной оподзоленной малогумусной песчаной почвы на элювии песчаника карбонатного заложен на слабовыпуклой вершине данного холма в 40 м восточнее разреза М-2 под злаково-разнотравным лугом со средней высотой растений 30 см, с обилием мятлика, лютика, подмаренника мягкого, вероники дубравной, с проективным покрытием 75%.

Строение профиля:

О (0–1 см): сырой, желтовато-сероватый, рыхлый слаборазложившийся опад преимущественно из стеблей трав, переход ровный, близкий к резкому.

АУ (1–25 см): влажный, серо-коричневый, песчаный, зернисто-мелкокомковатый, уплотненный, корней много по всему горизонту, переход ясный, волнистый.

BE (25–40 см): влажный, рыжевато-бурый, песчаный, бесструктурный, рассыпчатый, плотный, слабо заметна присыпка скелетаны, корней мало, переход ясный, волнистый.

В (40–45см): влажный, вишнево-коричневый, песчаный, бесструктурно-рассыпчатый, уплотнённый, с налётами гидроксидов Mn, корней мало, переход ясный, близкий к резкому.

BCca (45–50 см): сырой, тёмно-коричневый с вишневым оттенком, песчаный, с обилием щебня, препятствующего копанью шурфа, плотный, с налётами гидроксидов Mn, энергично реагирует с HCl, корни единичны.

К числу характерных особенностей морфологии профилей рассматриваемых разрезов относятся: а) легкий гранулометрический состав; б) присутствие щебнистой фракции; в) наличие новообразований – вишнево-сиреневых налетов  $MnO \cdot nH_2O$ ; г) быстрый переход в слои из плотного карбонатного песчаника; д) увеличение глубины выщелачивания кальцита в разрезе почвы на вершине холма.

Гранулометрический состав почв тесно связан с генезисом материнской породы (табл. 1). Основная доля приходится на песчаные фракции механических элементов. Количество физической глины во всех горизонтах менее 10%, при этом субэлювиальная толща (гор. BE) разреза М-3 представлена только песчаной фракцией. Очевидна литогенно обусловленная неоднородность вертикального строения профиля, заметная по проявлению слоистости песчаника, разделенного на плитки мощностью около 2–3 см за счёт оглинённых микрослоёв.

Таблица 1

**Гранулометрический состав дерново-карбонатных почв  
на элювии песчаника ур. Мысы**

Горизонт: глубина образца, см	ГВ, %	Размер фракций в мм, в расчёте на сухую почву						
		1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	0,001	< 0,01
Разрез М-2: Рендзина малогумусная песчаная на элювии песчаника карбонатного								
AУca: 1–10	1,03	44,8	21,4	28,0	2,6	2,8	0,4	5,8
AУca: 12–22	1,04	59,5	30,1	5,5	2,7	0,4	1,7	4,8
AУRca: 24–34	1,03	61,4	32,4	2,2	2,1	1,0	1,0	4,1
Разрез М-3: Дерново-карбонатная оподзоленная малогумусная песчаная почва на элювии песчаника карбонатного								
AУ: 1–25	1,06	58,5	25,2	6,9	5,1	3,0	1,3	9,4
BE: 24–40	1,05	100,0	0	0	0	0	0	0
B: 40–45	1,04	73,9	17,3	5,2	2,0	0,6	1,1	3,7
BCca: 45–50	1,04	59,7	30,5	1,8	1,5	0,2	6,4	8,1

*Примечание:* ГВ – гигроскопическая влажность.

Валовой химический состав почв соответствует гранулометрическому составу (табл. 2). Среди макроэлементов преобладает Si, косвенно указывая на доминирование в песчаном материале наиболее устойчивых минералов – кварца и, вероятно, калиево-натровых полевых шпатов. Однако содержание  $SiO_2$  несколько занижено в связи с особенностями методики RFA. С другой стороны, обращает внимание повышенное количество полуторных оксидов, по-видимому, также обусловленное спецификой избранного метода анализа.

Высокое содержание Са и, особенно, Мп связано с наличием известкового цемента – геохимического барьера для второго из элементов. Обилием карбонатов определяется щелочная среда, наиболее ярко выраженная в почве разреза М-2 и в нижней части разреза М-3. Обе почвы малогумусные, что объясняется бедностью почвогрунтов легкого гранулометрического состава, несмотря на благоприятную реакцию почвенного раствора (табл. 2).

Таблица 2

**Валовой химический состав дерново-карбонатных почв  
на элювии песчаника ур. Мысы\***

Горизонт: глубина образца, см	% от прокаленной почвы									pH КС1	Гумус, %
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO		
Разрез М-2: Рендзина малогумусная песчаная на элювии песчаника карбонатного											
АУса: 1–10	70,8	12,0	6,0	4,8	1,8	1,8	1,4	0,7	0,68	7,6	1,58
АУса: 12–22	75,0	11,1	5,9	1,7	1,8	1,8	1,3	0,6	0,78	7,5	0,43
АУРса: 24–34	71,6	10,4	5,9	6,8	1,7	1,4	1,2	0,5	0,72	7,7	0,12
Разрез М-3: Дерново-карбонатная оподзоленная малогумусная песчаная почва на элювии песчаника карбонатного											
О: 0–1	69,9	7,2	4,4	11,8	2,0	0,1	3,9	0,4	0,50	5,6	83,7**
АУ: 1–25	75,6	11,4	5,4	1,4	1,4	1,3	1,6	0,7	0,62	6,9	1,55
ВЕ: 24–40	73,5	13,0	6,6	1,2	1,8	1,2	1,5	0,7	0,48	7,1	0,26
В: 40–45	75,7	11,2	6,0	1,4	1,7	1,5	1,3	0,6	0,70	7,1	0,07
ВСса: 45–50	62,2	10,9	4,7	16,3	2,0	1,6	1,2	0,5	0,54	7,8	0,10

*Примечание:* \* – анализ выполнен в лаборатории палеоархивов природной среды ИГ РАН. \*\* – потеря при прокаливании.

Таким образом, авторами впервые показано наличие в составе почвенного покрова вятской земли специфических почв дерново-карбонатного типа, принадлежащих к особому разряду – на легких почвообразующих субстратах (элювии пермских карбонатных песчаников. Их сохранность в пределах пугового холма обусловлена прочностью кальцитового цемента. Очевиден и вклад талых ледниковых вод, которые способствовали избирательному удалению выветрелых песчаных дериватов и обнажению карбонатных толщ. Ныне они возвышаются в виде останцов среди низинных пространств Поветлужья. Подобный холм выявлен нами ранее на поле в восточной части Котельничского района. Его верхняя часть уже лишилась кальцита, и здесь сформировались агродерново-подзолы. Аналогичную судьбу ожидают и рассматриваемые почвы с эволюцией по известной схеме: рендзины → дерново-карбонатные типичные → дерново-карбонатные выщелоченные → дерново-карбонатные оподзоленные → дерново-подзолы остаточного карбонатные → дерново-подзолы обычные, иллювиально-железистые и т.п. Указанный путь деградации дерново-карбонатных почв на легких породах очевидно будет

протекать более высокими темпами по сравнению с почвами на продуктах выветривания тяжёлых известково-глинистых пород.

Вместе с тем, в настоящее время исследуемые педообъекты представляют собой раритеты в составе почвенного покрова региона, сформированные на материнских породах, необычных для данного типа почвообразования. Они заслуживают дальнейшего всестороннего изучения и включения в состав уникального почвенного наследия Вятского края.

#### **Библиографический список**

1. Сибирцев Н. М. Избранные сочинения // Почвоведение. Т. 1. М. : Изд-во сельскохозяйственной литературы, 1951. 471 с.
2. Тюлин В. В. Почвенный покров и природные условия Кировской области // Агрохимическая характеристика почв СССР. Центральные области Нечерноземной зоны РСФСР. М. : Изд-во «Наука», 1972. С. 157–232.
3. Prokashv A. M. Humus Pedorelikts in soddy calcareous soils of the Vyatka-Kama interfluve // Eurasian Soil Science. 2012. Vol. 45. No. 11. P. 1013–1022.
4. Протасова Л. А. Генетическая характеристика и диагностика дерново-бурых и дерново-карбонатных почв Пермского края : монография. Пермь : ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2008. 157 с.
5. Отчет по геологическому доизучению, геологической, гидрогеологической, инженерно-геологической съемкам листа О-39 – XIII (Котельнич). Масштаб 1:200000 (Горьковская ГРП 1976–1979 гг.). Т. 1. Кн. 1. Дзержинск, 1979. 318 с.

### **ПОЧВЫ НА ДВУЧЛЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

***Е. В. Дабах***

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

В работе показано, что в супесчаных подзолах на двучленных отложениях, формирующихся в перигляциальной области, при залегании подстилающей карбонатной породы на глубине около 1 м несмотря на воздействие сильно кислых продуктов разложения хвойного опада самостоятельный подзолистый горизонт не выделяется. Возможно, это обусловлено участием в формировании почв на границе ледниковой зоны более богатого по составу и устойчивого к выветриванию материала образовавшегося в результате геологической деятельности ледников.

Ключевые слова: почвообразующие породы, двучленные отложения, почвообразовательный процесс, подзолы,

До 20% территории Евразии подвергалось оледенению. С северо-востока на юго-запад по территории Кировской области проходила граница оледенения, разделяющая ее на две части – ледниковую и внеледниковую.



Согласно [1] собственно ледниковые – гляциальные отложения более характерны для северо-западной трети территории области, южнее – в том же направлении полосой тянется область широкого распространения продуктов деятельности ледниковых потоков – флювиогляциальные отложения, преимущественно легкого гранулометрического состава, чередующиеся с аллювиальными (древнеаллювиальными) и озерно-аллювиальными отложениями. По-видимому, такое пограничное положение территории предопределило разнообразие ландшафтов, почвообразующих пород и почв в регионе. Часто мощность верхнего слоя рыхлых осадочных пород, происхождение которых связано с деятельностью ледника, в этой пограничной области невелика и в пределах метровой толщи отмечается резкая смена гранулометрического, минералогического и химического состава пород. Наиболее характерными двучленными почвообразующими породами на Русской равнине являются наносы, в которых верхняя часть отличается более легким гранулометрическим составом – это пески или супеси, а нижняя представлена моренными суглинками и глинами, либо коренными породами. В работе [2] было отмечено, что в Кировской области мощность верхнего яруса очень изменчива, варьирует на расстоянии нескольких метров и может быть неодинаковой даже в пределах одного разреза. Глубина залегания суглинистой породы влияет на морфологические признаки (при близком – до 50 см – подстилании не выделяется как таковой иллювиальный горизонт) и на агрохимические свойства. В [3] было показано, что свойства песчаных и супесчаных дерново-подзолистых почв на двучленных породах и глубоких песках близкие, но у почв на двучлене диапазон варьирования содержания гумуса, рН, суммы поглощенных оснований, содержания подвижных форм фосфора значительно шире вследствие разнообразия подстилающей породы и ее исходно большей поглотительной способности благодаря суглинистому гранулометрическому составу. Заметно более благоприятными свойствами для растений отличаются почвы на водноледниковых песках, подстилаемых карбонатной породой. Кроме того, автор [3] отметил, что при близком залегании суглинистой породы минеральная часть почв в меньшей степени подвержена разложению из-за ослабления промывного режима в профиле.

Цель настоящей работы – выявить особенности почв, формирующихся на двучленных отложениях в перигляциальной зоне под ельниками-зеленомошниками.

Объекты исследования – подзолистые почвы, формирующиеся на двучленных отложениях в центральной части Кировской области.

Два разреза подзолистых почв были заложены в Котельничском районе в ельнике-зеленомошнике, расположенном в 200 м к востоку (К-1) и в 250 м к западу (К-3) от р. Ночная Черняница в районе д. Молотниково. Почва слабоподзолистая супесчаная на водноледниковых отложениях, подстилаемых карбонатной мореной на глубине около 100 см. Морфологические особенности и агрохимические свойства почв в обоих разрезах сходные. В профилях выделяется маломощная лесная подстилка, наиболее плотную разложившуюся

нижнюю часть которой можно обозначить как подгоризонт гумификации (AoA1 или H). Несмотря на то, что подстилающая порода залегает на глубине около 100 см, морфологические признаки подзолистого процесса выражены слабо и проявляются в наличии отмытых кварцевых зерен на верхней границе минеральной толщи, гумусовых затеков. Осветленный подзолистый горизонт как таковой не выделяется. Супесчаная толща горизонта В неоднородна по цвету: в желто-бурой массе проявляются красно-бурые и более светлые пятна. В нижней части горизонта отмечается слоистость: красно-бурые прослойки мощностью до 2 см сменяются светло-желтыми слоями мощностью 1–1,5 см. На глубине 74 см резко меняется окраска песчаной толщи, становится малиново-красной, на глубине около 1 м появляется галька и черные пятна (по-видимому, оксида марганца). В одном разрезе на глубине 113 см резко меняется гранулометрический состав и выделяется тяжелосуглинистый красно-бурый горизонт, подстилаемый снизу валунно-галечниковым песком красно-бурого цвета. В другом – среднесуглинистый слой выделяется на глубине 106–116 см, затем до глубины 152 см отмечается слабо слоистая опесчаненная легкосуглинистая толща, в нижней части – с большим количеством черных пятен, глубже она переходит в неоднородную щебнистую опесчаненную массу.

*Таблица*

**Агрохимические свойства и содержание ТМ в подзолистых почвах, формирующихся на двучленных отложениях**

Горизонт, глубина, см	pH <sub>кол.</sub>	С, %	Подвижные формы, мг/кг			Валовое содержание ТМ, мг/кг			
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mn	Cu	Zn	Pb	Ni
Ao 0-4			113,0	512,0	580				
AoA1 4-5	3,4	10,44	12,0	119,1	–	–	–	–	–
A2B 5-12	3,5	1,46	11,7	22,4	147	3,5	23,5	5,4	9,8
B1 12-46	4,1	0,50	108,1	21,6	–	–	–	–	–
B2 45-74	4,4	0,22	186,5	28,1	29	4,4	15,6	1,6	29,2
BC 74-99	4,3	0,14	200,2	47,1	–	–	–	–	–
C 99-113	4,3	0,20	207,1	42,8	33	7,8	21,3	4,0	43,6
CD 113-145	5,2	0,18	264,3	100,4	121	19,8	37,0	6,4	70,9
D 145-200	6,8	0,17	109,1	73,0	–	–	–	–	–

*Примечание:* прочерк – показатель не определялся.

Почвы характеризуются сильнокислой реакцией в верхних горизонтах, кислой – в иллювиальной толще и щелочной – в подстилающей породе (таблица). Содержание органического вещества соответствует генезису горизонтов: очень высокое в органогенных горизонтах, низкое – в горизонте гумусовых затеков (A2B). Содержание подвижного фосфора очень низкое в песчано-супесчаной толще и высокое в нижних горизонтах, обменный калий характеризуется биогенным накоплением в подстилке и типичным для суглинков более высоким содержанием в подстилающей толще. Обилие подвижных соединений марганца на границе с подстилающей породой, морфологически проявляющееся в виде черных пятен, свидетельствует о временном локальном переувлажнении верхней части двучленных отложений. Содержание тя-

железных металлов (ТМ) ниже нормативных значений и соответствует гранулометрическому составу почвенных горизонтов.

Таким образом, в западной части Кировской области в перигляциальной зоне на двучленных отложениях – водноледниковых песках, подстилаемых, предположительно, карбонатной мореной, под ельниками-зеленомошниками формируются почвы с альфегумусовым типом почвообразования, которые по современной классификации [4] логично было бы отнести к подзолам. Однако, при очень кислой реакции органогенного слоя глубокого разрушения минеральной основы, по-видимому, не происходит и подзолистый горизонт не обособляется. Признаки трансформации минеральной основы проявляются в виде осветленных кварцевых зерен на границе органогенной и минеральной толщи, а миграции органо-минеральных комплексов – в виде буровато-серых затеков. Можно предположить, что непосредственно у границы оледенения откладывался более богатый по составу материал (карбонатная морена, полимиктовые пески), отличающийся большей устойчивостью к выветриванию.

Наличие подстилающей суглинистой карбонатной породы на глубине около 100 см способствует временному переувлажнению вышележащей толщи, способствуя мобилизации элементов с переменной валентностью, что проявляется в наличии черных пятен в почвообразующей породе и резком увеличении содержания подвижного марганца.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги», номер государственной регистрации в ЕГИСУ № 1220401000325.*

#### **Библиографический список**

1. География Кировской области. Атлас-книга. Киров : Кир. Обл. тип., 2015. 80 с.
2. Гуцин А. И., Гуцина А. М. Почвенный покров, экология и адаптивно-ландшафтное земледелие. Киров : Куменская типография, 2001. 60 с.
3. Гуцин А. И. Дерново-подзолистые почвы на двучленных отложениях Кировской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пермь, 1975.
4. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.

### **ПОЙМЕННЫЕ ПОЧВЫ ДОЛИНЫ Р. ПЕЧОРА: РАЗНООБРАЗИЕ, ПРОДУКТИВНОСТЬ, СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ**

*Е. М. Лаптева, А. Н. Панюков, Ю. В. Холопов  
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения  
Российской академии наук, lapteva@ib.komisc.ru*

В статье приведены данные об особенностях формирования и свойствах пойменных почв крупнейшей реки Севера – Печоры. Охарактеризована зональная специфика свойств почв, формирующихся на пойменных террасах в

долине р. Печоры. Выявлены тенденции изменения свойств почв после вывода пойменных угодий из сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: река Печора, Печорский бассейн, аллювиальные почвы, пойменные луга, антропогенное воздействие, история исследований

Река Печора – одна из самых крупных рек европейского Севера. Ее длина 1814 км, а площадь водосборного бассейна 326930 км<sup>2</sup>. В связи со значительной протяженностью в меридиональном направлении территория бассейна р. Печоры входит в несколько биоклиматических подзон: среднюю, северную, крайнесеверную тайгу, лесотундру и тундру. Дефицит тепловых ресурсов воздуха и почв, низкое природное плодородие почв, невысокая плотность населения обусловили невысокую степень сельскохозяйственной освоенности данной территории. В настоящее время общая площадь сельскохозяйственных угодий в бассейне р. Печоры составляет около 165 тыс. га (или 0,5% площади бассейна реки). Основная площадь сельскохозяйственных угодий в бассейне Печоры (около 65%) приходится на естественные сенокосы и пастбища. Они расположены в пределах пойменных террас Печоры и ее притоков, где представлены высокопродуктивными заливными злаково-разнотравными лугами. В 30-х годах прошлого столетия биологическая продуктивность печорских лугов находилась на уровне 39-40 ц/га сухой надземной фитомассы [1, 2]. По своим кормовым достоинствам сено считалась одним из лучших, а по содержанию переваримого протеина и белков превосходило сено центральных областей России [3].

Почвы, формирующиеся на пойменных террасах Печоры и ее притоков, считаются лучшими и наиболее плодородными почвами в пределах зонально-климатических подзон тундры и тайги [4, 5]. Благодаря ежегодному привносу биофильных элементов с аллювием во время паводка эти почвы характеризуются наиболее высоким естественным плодородием на территории Печорского бассейна [6].

В результате почвенно-географических и стационарных исследований почв пойменной террасы нижнего (Ненецкий автономный округ, вблизи г. Нарьян-Мар; Республика Коми, Усть-Цилемский р-н) и среднего (Республика Коми, Печорский район) течения р. Печоры детально изучены морфологические, микроморфологические, водно-физические и химические свойства основных генетических типов пойменных почв [6–8]. Оценены особенности гумусообразования, качественного состава гумуса, биологической продуктивности аллювиальных почв и их связь с климатическими, гидролого-геоморфологическими и экологическими условиями почвообразования, выявлены зональные черты исследованных пойменных почв. Показано, что биоклиматические условия и гидролого-геоморфологические особенности пойменной террасы находят свое отражение в физико-химических свойствах почв, в направлении и глубине протекания процессов гумификации, в характере протекания процессов оглеения.

Для пойменных почв долины р. Печоры характерны высокая кислотность, ненасыщенность основаниями, преобладание силикатных форм железа над несиликатными, накопление аморфных форм железа, низкие содержание и запасы гумуса, преимущественно фульватный характер гумуса, низкое содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, практически профильное оглеение почв центральной и притеррасной поймы (табл. 1). В связи с длительным промораживанием почвенного профиля, значительной его обводненностью в летний период, низким содержанием илстой фракции (4,8–14,4%) в аллювиальных луговых почвах низовьев Печоры отмечено ослабление выраженности процессов лессивирования по сравнению с аналогичными почвами в долине среднего течения.

Таблица 1

**Пределы варьирования некоторых физико-химических свойств аллювиальных пойменных почв, формирующихся в долине р. Печора**

Показатель		Тип почвы		
		Дерновая	Луговая	Лугово-болотная
рН <sub>KCl</sub> , ед. рН		3,9–4,8	3,8–4,6	3,3–4,1
Гумус, %		1,6–3,8	1,5–5,3	1,3–6,9
Подвижные формы, мг/100 г почвы	K <sub>2</sub> O	2,5–10,3	5,9–18,9	4,9–16,8
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,3–5,4	3,8–6,9	3,5–12,9
Обменные основания, ммоль/100 г	Ca <sup>2+</sup>	1,8–6,9	9,9–23,2	7,8–19,2
	Mg <sup>2+</sup>	0,9–3,2	2,8–6,8	1,8–8,5
Степень насыщенности основаниями, %		23–43%	18–56%	17–48%
Тип гумуса		ф	ф	гф

*Примечание:* Ф – фульватный; ГФ – гуматно-фульватный.

В низовьях Печоры зональные изменения растительности проявляются очень слабо и сводятся, в основном, к увеличению высоты кустарников с севера на юг, характер же почвенного покрова остается практически неизменным. Однако при выходе поймы из сферы ежегодного затопления происходит постепенное превращение ее в тундру с характерными для водоразделов бассейна Нижней Печоры тундровыми почвами, имеющими проявления мерзлотного пучения и характерные тиксотропные глеевые или иллювиально-гумусовые горизонты [8]. Интенсификация глеевых процессов в почвах притеррасной части дельты, кислая среда, преобладание грубого гумуса способствуют развитию адаптированных к этим условиям видов растительного покрова. Благоприятные физико-химические свойства почв центральной и прирусловой частей дельты Печоры, богатство органическим веществом, слабокислая среда обеспечивают высокую биопродуктивность соответствующих им фитоценозов.

Во второй половине XX века пойменные ландшафты северных рек, в том числе и пойменные экосистемы реки Печора испытывали мощную агрогенную нагрузку. Освоение печорской поймы сопровождалось расширением сенокосных угодий за счет вырубки кустарниковой и древесной растительности, планировки поверхности поймы, распашкой, внесением минераль-

ных удобрений, подсевом трав для повышения урожайности сенокосов. Это привело к определенным изменениям в свойствах пойменных почв – уплотнению, эрозии, снижению содержания гумуса, зафосфачиванию, которые наиболее ярко были выражены в дерновых почвах прирусловой части поймы [6].

За последние 25 лет произошли существенные изменения в природопользовании пойменных угодий р. Печоры. В настоящее время сенокосные и пастбищные угодья частично заброшены, активно зарастают кустарниковой и древесной растительностью. В связи с прекращением внесения минеральных удобрений и известковых материалов пойменные луга постепенно возвращаются в естественный режим круговорота биофильных элементов (табл. 2). В то же время, начиная с 90-х гг. прошлого столетия в связи с периодически аварийными разливами нефти в бассейне р. Колва происходит периодическое загрязнение речных вод и пойменных экосистем р. Печора от устья Усы и далее вниз по течению.

Таблица 2

**Динамика агрохимических свойств ( $X \pm \Delta$ ) аллювиальных почв пойменных лугов долины р. Печора, выведенных из режима ежегодного сенокосения**

Тип почвы	Год наблюдений	Подвижные формы, мг/кг		Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>
		K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
Дерновая	1991	38±8	57±9	2,1±1,0	4,29±0,06
	1993	69±11	104±11	2,3±0,9	4,19±0,23
	1995	114±16	100±4	2,3±0,9	4,24±0,24
	2005	156±26	125±15	3,4±1,9	4,32±0,28
Дерново-луговая	1991	62±10	42±13	2,9±0,7	4,05±0,06
	1993	88±13	75±14	3,0±0,8	4,0±0,5
	1995	117±12	62±5	3,0±1,0	4,0±0,4
	2005	182±24	88±15	5,2±1,2	4,1±0,4
Луговая	1991	81±13	40±8	3,8±0,7	4,05±0,11
	1993	113±20	95±21	3,9±0,9	3,95±0,22
	1995	123±11	79±5	4,0±0,6	3,92±0,25
	2005	176±18	85±16	5,6±1,6	3,91±0,25

Изменение экономической ситуации, необходимость импортозамещения и восстановления сельскохозяйственного производства в стране, в том числе в Республике Коми и Ненецком автономном округе, в пределах которых расположены основные массивы пойменных лугов р. Печора, требуют возобновления работ по оценке современного состояния пойменных лугов и пойменных почв, формирующихся в долине р. Печора на разных отрезках ее течения, различающихся по геоморфологическим и гидрологическим условиям. Необходимо изучать свойства пойменных почв и их режимов с целью оптимизации методов повышения и поддержания плодородия почв и продуктивности пойменных лугов.

*Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (номер госрегистрации: 122040600023-8).*

### Библиографический список

1. Самбук Ф. В. Поемные луга бассейна Печоры. Сыктывкар : Коми госиздат, 1934. 54 с.
2. Чупров Л. Л. Луга долины реки Печоры, их классификация, использование и улучшение : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Скривери, 1989. 42 с.
3. Гагиев Г. И., Чернов Б. А. Пути интенсификации кормопроизводства на севере Коми АССР // Кормопроизводство на Крайнем Севере. М. : Колос, 1981. С. 23–32.
4. Атлас почв Республики Коми / под ред. Г. В. Добровольского, А. И. Таскаева, И. В. Забоевой. Сыктывкар, 2010. 356 с.
5. Забоева И. В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. 343 с.
6. Лаптева Е. М., Балабко П. Н. Особенности формирования и использования пойменных почв долины р. Печоры. Сыктывкар, 1999. 204 с.
7. Забоева И. В. Аллювиальные пойменные почвы Европейского Северо-Востока // Экология таежных почв Севера. Сыктывкар, 1997. С. 5–19.
8. Крейда Н. А. Почвы низовьев р. Печоры // Материалы по почвам Коми АССР и сопредельных территорий. М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1962. С. 73–86.

### СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ КОНКРЕЦИЙ В ТУНДРОВЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

*А. В. Демченко<sup>1</sup>, О. В. Шахтарова<sup>2</sup>, С. В. Денева<sup>2</sup>, Е. М. Лаптева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Сыктывкарский государственный университет имени Путьирима Сорокина,  
sheyla1411@icloud.com*

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения  
Российской академии наук, lapteva@ib.komisc.ru*

В статье приведены данные по оценке содержания валовых и подвижных форм ряда макроэлементов и тяжелых металлов в образцах тундровой почвы и конкреционных новообразований, выделенных из этих образцов. Установлены метрологические характеристики методов определения химических элементов в конкрециях при их взаимодействии с раствором серной кислоты и раствором смеси щавелевой кислоты и оксалата аммония.

Ключевые слова: Республика Коми, тундровые почвы, конкреции, валовое содержание, подвижные формы.

Конкреции – плотные минеральные образования с определенным внутренним строением, составом и свойствами, образующиеся в процессе почвообразования и существенно отличающиеся от вмещающей массы почвы [1]. В почвах лесной и лесостепной зон важную роль в процессах формирования почв играют Fe-Mn-конкреции [2, 3]. Они несут актуальную информацию об особенностях почв, позволяют судить о степени оглеения почв, степени заболоченности и целесообразности осушения суглинистых почв, причинах переувлажнения, аккумулятивной роли новообразований, связанной с фиксацией в них макро- и микроэлементов [1, 3].

Цель данной работы заключалась в оценке содержания и состава конкреций, формирующихся в почвах тундровой зоны Республики Коми.

Объектом исследования послужили образцы почв и конкреции, выделенные из глеезема криометаморфического, занимающего вершину водораздельного холма Нерусовой-мусюр (67°53'с.ш., 64°08'в.д.) в окрестностях города Воркута [5]. Такой тип почв наиболее широко распространен на территории подзоны южных тундр на северо-востоке европейской части России. Строение профиля почвы: Ov–O–Oao–Bg–CRM1–CRM2g–CRM3g–CRM, Cg. Конкреции выделяли из двух горизонтов глеезема криометаморфического – CRM2g (глубина отбора 70–95 см) и CRM3g (глубина отбора 125–142 см) в соответствии с общепринятыми методами [4]. Для оценки массовой доли конкреций, имеющих различную размерность, полученный материал просеивали через сита с различным диаметром – 0,25, 0,5, 1, 2, 3, 5, 7 мм и рассчитывали их массовую долю. В образцах почв и конкрециях определяли валовое содержание некоторых макроэлементов (Fe, Mn, Al, Ca, Mg) и тяжелых металлов (ТМ) – приоритетных загрязнителей промышленных районов (Ni, Cu, Pb, Cd, Zn). Для оценки содержания подвижных форм химических элементов использовали раствор серной кислоты с молярной концентрацией эквивалента  $c(1/2H_2SO_4)=1,0$  моль/дм<sup>3</sup> и раствор Тамма – раствор смеси щавелевой кислоты и оксалата аммония с молярной концентрацией оксалат-ионов  $c(C_2O_4^{2-}) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup> [4]. Измерение химических элементов в фильтратах проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой в соответствии с [6] в экоаналитической лаборатории ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Все исследования проводили в трехкратной повторности.

Как показали проведенные нами исследования, в криометаморфических горизонтах (глубина 70–95 и 125–145 см) формируется незначительное количество конкреций – менее 1%. Для сравнения, в почвах таежной зоны массовая доля конкреций может достигать 1–7(13)% [7, 8]. Наиболее представительна в обоих исследованных образцах фракция конкреций с диаметром частиц 1–2 мм (~32%), минимальным количеством представлены конкреции с диаметром частиц менее 0,5 мм (1,4 и 0,9%) и более 5 мм (11 и 22%). Отмечена тенденция возрастания с глубиной массы и массовой доли конкреций, уменьшение относительной доли мелких конкреций и увеличение доли крупных.

По валовому содержанию химических элементов (ХЭ) образцы почв практически не отличаются друг от друга, за исключением Cd и Pb – более глубокий слой почвы характеризуется меньшим содержанием этих ХЭ (рис. 1). В конкрециях валовое содержание Al и Ca находится на одном уровне с вмещающей массой почвы. Для таких элементов, как Fe, Mn, Ni, Cu, Pb, Cd отмечено накопление в конкреционных новообразованиях. Для Zn и Mg установлен разнонаправленный характер изменения содержания по сравнению с вмещающей массой почвы.



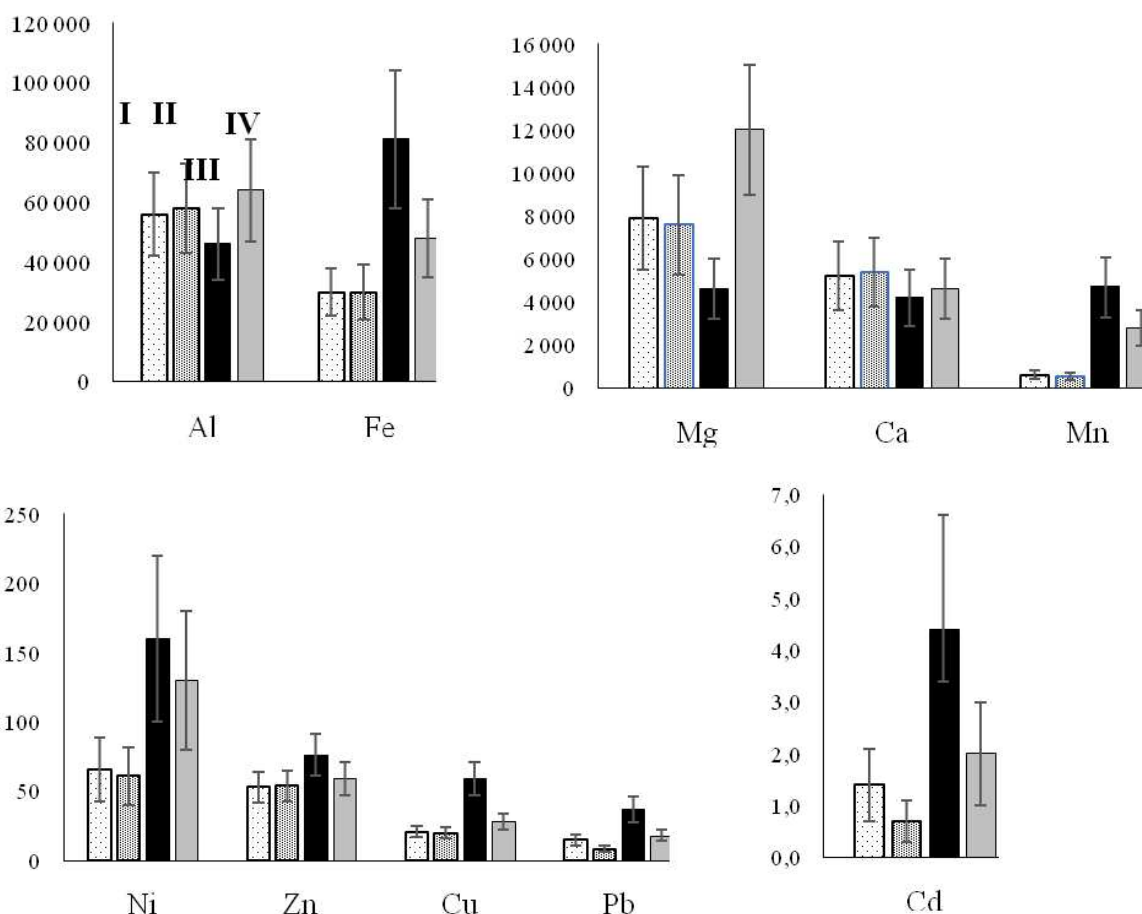


Рис. 1. Валовое содержание (по оси ординат; мг/кг) некоторых макроэлементов и тяжелых металлов в образцах почв и конкрециях (соответственно I и III–гор. CRM2g, глубина 70–95 см; II и IV – гор. CRM3g, глубина 125–142 см)

Образцы криометаморфического горизонта тундровой почвы характеризуются низким содержанием большинства ТМ, не превышающим регламентированных для кислых суглинистых почв значений ОДК [9]. Исключением является Cd, для которого в гор. CRM2g (глубина 70–95 см) отмечены значения валового содержания на уровне 1,4ОДК. По сравнению с вмещающей массой почвы конкреционные новообразования отличаются значительной аккумуляцией Ni и Cd в количествах, превышающих ОДК (рис. 1).

Учитывая, что методика определения подвижных форм ХЭ в конкрециях не аттестована [3], нами были оценены границы доверительного интервала случайной составляющей погрешности и значения относительной погрешности определения массовой доли ХЭ при их извлечении раствором серной кислоты и реактивом Тамма. В результате проведенных экспериментов установлено, что относительная погрешность определения подвижных форм элементов находится в пределах 0,3-16%. Наиболее нестабильные результаты получены при оценке в конкрециях массовой доли Pb (относительная погрешность до 70%), Cu (до 39%) и Cd (до 30%). Вне зависимости от используемого экстрагента максимальные значения для обоих исследованных образцов конкреций получены для Fe, что в принципе характерно для Fe-Mn-конкреций [1–4].

Однако, по данным сернокислой вытяжки в тундровой почве на второе место по концентрации в конкрециях выходит не Mn, а Ca и Al. Используемые для оценки подвижных форм ХЭ реагенты характеризуются различным выходом элементов. Максимальное количество подвижных форм Ca, Al, Mg извлекается при использовании раствора серной кислоты, а таких элементов как Mn и Ni – раствора Тамма. Расчет доли подвижных форм ХЭ от их валового содержания в конкрециях показал, что исследованные образцы конкреций отличаются друг от друга (рис. 2). С глубиной повышается доля в составе конкреций так называемых подвижных форм ТМ, способных взаимодействовать с растворами органических и неорганических кислот.

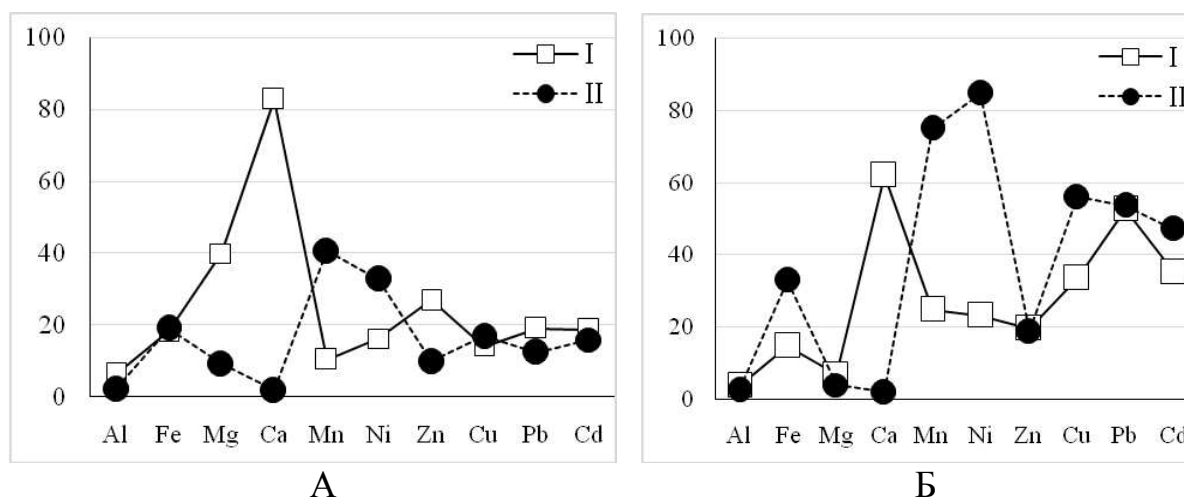


Рис. 2. Для подвижных форм химических элементов, извлекаемых раствором серной кислоты (I) и раствором Тамма (II), от их валового содержания в конкрециях, выделенных из образцов криометаморфических горизонтов CRM2g, глубина 70–95 см (А) и CRM3g, глубина 125–142 см (Б)

Таким образом, изучение конкреционных новообразований, выделенных из криометаморфических горизонтов тундровой почвы, показало низкий уровень их образования по сравнению с почвами таежной зоны. Для конкреционных новообразований тундровых почв характерна аккумуляция Fe, Mn, Ni, Cu и Cd. Показано, что применение экстрагентов (раствор серной кислоты, раствор Тамма), рекомендованных для оценки содержания подвижных форм химических элементов (макроэлементов и тяжелых металлов) в почвах и конкрециях, дает различный выход элементов в зависимости от их природы. Однако расчет такого показателя как степень подвижности химического элемента (доля подвижных форм химического элемента от его валового содержания) позволяет выявить различия в составе конкреционных новообразований.

*Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (номер госрегистрации: 122040600023-8).*

### Библиографический список

1. Зайдельман Ф. Р., Никифорова А. С. Генезис и диагностическое значение новообразований почв лесной и лесостепной зон. М. : Изд-во МГУ, 2001. 216 с.
2. Зайдельман Ф. Р., Никифорова А. С. Ортштейны – железистые конкреционные новообразования // Почвоведение. 2010. № 3. С. 270–281.
3. Канев В. В., Казаков В. Г. Ортштейны подзолистых почв как резерваты подвижных элементов-мигрантов // Почвоведение. 1999. № 3. С. 308–318.
4. Новообразования (ортштейны и псевдофибры) поверхностно–оглеенных супесчаных почв севера Тамбовской равнины / Ф. Р. Зайдельман, Л. В. Степанцова, А. С. Никифорова, В. Н. Красин, И. М. Даутоков, Т.В. Красина // Почвоведение. 2019. С. 544–557. doi: 10.1134/S0032180X19050125
5. Русанова Г. В., Шахтарова О. В. Особенности автоморфного почвообразования в ландшафтах Большеземельской тундры // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2013. № 3. С. 29–34.
6. ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М., 2005. 30 с.
7. Канев В. В., Мокиев В. В. Агродерново-подзолистые почвы северо-востока Русской равнины. СПб. : Наука, 2004. 228 с.
8. Путеводитель научной почвенной экскурсии. Лесная зона (сезонно-промерзающие почвы). Сыктывкар, 2002. 100 с. (Институт биологии Коми научного центра УрО РАН).
9. СанПиН 1.2.3685–21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 10.03.2023).

### ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ПОЧВАХ ГОРОДА УХТА

*Е. А. Скребенков<sup>1</sup>, Е. Ю. Кряжева<sup>2</sup>, М. И. Василевич<sup>3</sup>, Е. М. Лаптева<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup> Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,  
evgeniigskrebenkov@mail.ru*

*<sup>2</sup> Ухтинский государственный технический университет,  
eremina\_83@mail.ru*

*<sup>3</sup> Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения  
Российской академии наук, elena.lapteva.60@mail.ru*

В статье представлена сравнительная оценка содержания тяжелых металлов в почвах города Ухта. Для почв города характерен относительно невысокий уровень загрязнения тяжелыми металлами и мышьяком. Превышение ОДК/ПДК по некоторым элементам отмечено в основном для промышленной и транспортной функциональных зон города. Выявлен повышенный геохимический фон исследованной территории по кадмию.

Ключевые слова: тяжелые металлы, свинец, никель, кадмий, цинк, кобальт, мышьяк, медь, промышленный город, городские почвы, оценка загрязнения.

В связи с интенсивным вовлечением природной среды в хозяйственную деятельность человека в настоящее время остро встала проблема загрязнения биосферы в целом, а также отдельных ее компонентов многими токсичными веществами, в том числе тяжелыми металлами (ТМ) [1]. При этом связанный с загрязнением ущерб наносится не только территориям, находящимся в непосредственной близости к источникам эмиссий техногенных элементов, но и, в силу трансграничного переноса, районам, в значительной степени удаленным от мест расположения локальных источников [2]. В почвах городов происходит их активная аккумуляция и трансформация, и в некоторых случаях миграция ТМ в сопредельные среды [1]. К числу приоритетных ТМ, за содержанием которых рекомендован постоянный контроль в разных средах, относятся Pb, Ni, Cd, Zn, Co, Cu, Hg, а также As.

Цель данной работы заключалась в оценке содержания некоторых тяжелых металлов (Pb, Ni, Cd, Zn, Co, Cu, Hg) и мышьяка в почвах города Ухта.

Для реализации поставленной цели летом 2017 и 2018 гг. методом конверта из верхних горизонтов были отобраны почвенные образцы в точках, соответствующих разным функциональным зонам города. В транспортной зоне (ТЗ) были отобраны образцы из 10 точек, в промышленной зоне (ПЗ) – из 10 точек, в селитебной зоне (СЗ) – из 16 точек, в рекреационной зоне (РЗ) – из 8 точек наблюдения (т.н.). Всего было исследовано 44 т.н. В каждой т.н. отбирали пробы почв методом конверта на глубину 0–10 см, готовили смешанные образцы и анализировали их в соответствии с общепринятыми методами в отделе почвоведения и экоаналитической лаборатории ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. В образцах почв определяли валовое содержание и содержание подвижных форм (ацетатно-аммонийный буфер) ТМ, а также углерод органических соединений (Сорг) и кислотность почв (рН<sub>KCl</sub>). Полученные данные о содержании ТМ в почвах сравнивали с показателями, представленными в таблице.

*Таблица*

**Количественные значения показателей, используемых для оценки уровня загрязнения почв города Ухта**

Показатель	Значение (мг/кг)							
	Pb	Ni	Cd	Zn	Co	Cu	Hg	As
Кларк в почвах городов с населением менее 100 тыс. человек [1]	39,5	18,4	1,4	92,3	14,6	28,1	–*	15
Кларк содержания в верхней части континентальной земной коры [2]	17	50	0,09	75	15	27	0,065	5,6
Фоновое содержание в подзолах Сосногорска и Ухты с подчиненными им территориями [3]	4	2	0,2	28	–	2	–	–
ПДК (содержание подвижных форм/ содержание валовых форм) [4]	6/–	4/–	–	23/–	5/–	3	–/2,1	–
ОДК (валовое содержание) [4]	32	20	0,5	55	–	33	–	2

*Примечание:* \* прочерк – данные отсутствуют.

Почвы города Ухта маломощные, сформированы на насыпных грунтах преимущественно из песка и торфа [5]. В РЗ фрагментарно сохранились естественные почвы, представленные в основном подзолами. Городские почвы Ухты характеризуются преимущественно нейтральной реакцией почвенных растворов ( $pH = 7,14$ ) и высокой вариабельностью содержания Сорг (от 0,4 до 14%), обусловленной внесением разного количества торфа.

Анализ полученных данных о содержании ТМ и As в почвах города Ухта показал следующее. В ТЗ выявлены превышения ОДК для Ni (1 т.н. – в 1,5 раза), Zn (1 т.н. – в 1,4 раза) и As (9 т.н. – максимально в 2,2 раза). Для остальных ТМ превышений ОДК/ПДК не установлено. В ПЗ выявлено превышение санитарно-гигиенических нормативов для Pb (2 т.н. – максимально 3,4ОДК; 3 т.н. – максимально 3,3ПДК), Zn (5 т.н. – 2,0–5,5ОДК; 2 т.н. – 3,0ПДК), Ni (2 т.н. – максимально 1,5ОДК) и Cd (2 т.н. – максимально 1,2ОДК). В СЗ регламентированные значения ОДК превышены для Pb (1 т.н. – в 2,4 раза), Zn (4 т.н. – максимально в 2,1 раза), As (9 т.н. – максимально в 2,2 раза). В РЗ превышение ОДК отмечено для Ni (2 т.н. – максимально в 1,4 раза), Cd (2 т.н. – в 1,2 раза), As (5 т.н. – максимально в 2,5 раза). Концентрации в почвах РЗ цинка превышают как ОДК (4 т.н. – в 2,4 раза), так и ПДК (2 т.н. – максимально в 1,8 раза).

Сравнение полученных нами результатов с кларком содержания ТМ в верхней части континентальной земной коры [2] свидетельствует о повышенном геохимическом фоне города Ухта по содержанию Cd. Во всех т.н. концентрации Cd в почвах города превышают кларк. Для других ТМ отмечено превышение кларка для единичных т.н., что свидетельствует о наличии локальных источников загрязнения.

По сравнению с другими промышленными городами с населением менее 100тыс. человек [1], к категории которых относится г. Ухта (по состоянию на 1.10.2021 г. численность населения г. Ухта составила 96 233 чел.), почвы города характеризуются относительно низким уровнем загрязнения. Не превышают кларк содержания Co, Ni, As, Hg, Cu (за исключением одной т.н., в которой кларк превышен в 1,2 раза). В ПЗ отмечено превышение кларка для Pb (3 т.н. – максимально в 2,7 раза), для Zn – в ПЗ (4 т.н. – максимально в 6 раз), РЗ (3 т.н. – максимально в 1,3 раза) и СЗ (1 т.н. – в 1,2 раза).

Для оценки вклада антропогенного фактора в общий уровень загрязнения почв города ТМ и As, городской аналог природных почв (почвы парковой зоны) сравнили с фоновыми концентрациями, установленными для подзолов Ухтинского и Сосногорского районов [3]. Выявлено превышение фоновых значений для Pb (в 3,7 раза), Zn (в 3.9 раза), Ni (в 2,75 раза) и Cu (в 5 раз). Это свидетельствует о существовании антропогенных источников загрязнения ТМ почв на территории Ухты или об изменении почвенных параметров, способствующих их накоплению в почвах РЗ. Установленное превышение фоновых значений для Cd (в 1.9 раза) в данном случае, скорее всего, обусловлено повышенным геохимическим фоном по кадмию.

Таким образом, проведенные нами исследования позволяют заключить следующее. В целом, почвы города Ухта характеризуются относительно невысоким и безопасным уровнем загрязнения тяжелыми металлами. Наибольшие их концентрации отмечены в почвах промышленной и рекреационной зон, что может быть связано с повышенным уровнем техногенной нагрузки (промышленная зона) и, в некоторой степени, с эффектом накопления ТМ в малонарушенных почвах рекреационной зоны, а также с геохимической неоднородностью территории города.

*Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (номер госрегистрации: 122040600023-8).*

#### **Библиографический список**

1. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ, 2013. 380 с.
2. Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2015. № 2. С. 7–17.
3. «Об установлении нормативов фоновое содержание химических элементов и углеродородов в почвах Республики Коми» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/446141787> (дата обращения: 05.03.2023).
4. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 05.03.2023).
5. Оценка антропогенного загрязнения тяжёлыми металлами и мышьяком почв города Ухта (Республика Коми) / Е. Ю. Кряжева, Е. М. Лаптева, С. В. Денева, Ю. В. Холопов, Н. В. Бадулина, Г. Г. Осадчая// Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 95–101. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-095-101

### **ВЛИЯНИЕ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN. НА ПОЧВЫ ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ РЕСПУБЛИКИ КОМИ**

**Ю. А. Смотрина<sup>1,2</sup>, Е. М. Лаптева<sup>2</sup>, И. В. Далькэ<sup>1,2</sup>, И. Г. Захожий<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина, [smotrina-juliya@yandex.ru](mailto:smotrina-juliya@yandex.ru)

<sup>2</sup> Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, [lapteva@ib.komisc.ru](mailto:lapteva@ib.komisc.ru)

В статье рассмотрены закономерности изменения свойств почв в постагрогенных экосистемах Республики Коми. Оценено влияние инвазии борщевика Сосновского – *Heracleum sosnowskyi* Manden. на свойства постагрогенных почв. Показано, что в биоклиматических условиях средней тайги внедрение в постагрогенные экосистемы борщевика Сосновского позволяет сохранять высокий уровень плодородия бывших пахотных почв.

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, постагрогенные экосистемы, средняя тайга, борщевик Сосновского.

Специфика географического положения Республики Коми (РК) ограничивает развитие здесь сельскохозяйственного производства. Тем не менее, в XIX и XX вв. в регионе активно вовлекались под создание пахотных угодий дренированные дерново-подзолистые (южная тайга) и типичные подзолистые (средняя тайга) почвы. На рубеже XX–XXI вв. в РК, как и повсеместно в России, начался вывод земель из сельскохозяйственного производства, их последовательное зарастание злаково-разнотравной растительностью и мелколиственными древесными сообществами из березы и осины. Внедрение на залежные земли *Heracleum sosnowskyi* Manden. сопровождается последовательным формированием его монодоминантных сообществ. В постагrogenных экосистемах средней тайги *H. sosnowskyi* сохраняет достаточно высокую продуктивность – на долю сухой фитомассы его надземных и подземных органов приходится соответственно  $14,5 \pm 3,9$  и  $7,7 \pm 1,6$  т/га [1]. Во второй половине XX в. – в период интродукции *H. sosnowskyi* на территорию европейского Северо-Востока и активного его использования в качестве кормового растения в сельскохозяйственном производстве РК было отмечено, что в качестве предшественника *H. Sosnowskyi* положительно влиял в севооборотах на урожайность однолетних культур, способствуя увеличению их урожайности [2]. В условиях современной экономической ситуации активное внедрение *H. Sosnowskyi* на залежные земли требует оценки его воздействия на биологические и физико-химические свойства постагrogenных почв.

Исследования проводили с 2019 по 2022 гг. в окрестностях г. Сыктывкара (РК, подзона средней тайги). Объектами изучения послужили почвы бывших пахотных угодий, занятые в настоящее время моновидовыми зарослями *H. Sosnowskyi* [1]. На всех ключевых участках почвы дерново-подзолистые постагrogenные суглинистого гранулометрического состава.

На ключевых участках оценивали структуру и запасы фитомассы *H. sosnowskyi* на площадках площадью  $1,5 \times 1,5$  м в 5-кратной повторности. В образцах почв (глубина отбора 0–20 см) определяли содержание углерода (Собщ.) и азота (Nобщ.) на CHNS-O анализаторе, содержание обменных катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) по ГОСТ 26487-85, рН солевой вытяжки. Биологические свойства почв оценивали на основе характеристики активности отдельных ферментов – каталазу определяли газометрически, инвертазу – методом А. Ш. Галстяна [3]. Кроме того, в почвах оценивали содержание и соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов – ЭТГМ [4], а также величину углерода микробной биомассы методом субстрат-индуцированного дыхания – СИД [5].

Исследование биологических свойств почв под зарослями *H. sosnowskyi* на залежных участках показало, что в целом уровень ферментативной активности постагrogenных почв соответствует биоклиматическим условиям средней тайги (бедная и/или средняя степень обогащения ферментами). Однако по сравнению с залежными лугами для постагrogenных участков с монодоминантными зарослями борщевика Сосновского отмечен более высокий уровень содержания фермента каталазы (в 1,5 раза) и инвертазы (в 1,1–1,9 раз).

Это соотносится с более высокими (в 2,5 раза) показателями углерода микробной биомассы – около 600-1400 мкг С/г почвы (по данным СИД) в зависимости от вегетационного сезона.

Известно, что внедрение *H. sosnowskyi* на залежные участки ведет к существенной перестройке дрожжевых [6] и актиномицетных [7] комплексов в почвах. Нами установлено, что в постагрогенных почвах под зарослями *H. sosnowskyi* меняется структура ЭТГМ. Эти изменения проявляются в уменьшении в составе микробных сообществ доли олигонитрофильных и олигокарбофильных групп микроорганизмов и возрастании доли аммонификаторов (32,6%) и амилолитиков (66,2%).

В биоклиматических условиях средней тайги внедрение *H. sosnowskyi* на залежные участки существенно влияет на плодородие постагрогенных почв за счет накопления в его биомассе значительного количества органического вещества и минеральных элементов [1]. Ежегодно около 78,1% фитомассы *H. sosnowskyi* (надземная часть растений и стеблекорни генеративных растений) отмирает, обеспечивая поступление в почву значительного количества растительного материала (до 17,4 т/га сухого вещества). В его составе в почву возвращается органического углерода до 7,4 т/га, азота общего – до 208 кг/га, зольных элементов – до 876 кг/га. Возврат такого количества биофильных элементов способствовал снижению кислотности почв (в 1,0–1,1 раза) на участках с моновидовыми зарослями *H. sosnowskyi* и возрастанию в них содержания Собщ. (в 1,1–2,3 раза), Нобщ. (в 1,1–2,4 раза), биофильных элементов (в 1,3–1,5 раза) по сравнению с почвами постагрогенных экосистем со злаково-разнотравной растительностью.

Таким образом, в биоклиматических условиях средней тайги внедрение *Heracleum sosnowskyi* в постагрогенные экосистемы существенно влияет на плодородие залежных почв за счет накопления в биомассе БС значительного количества органического вещества и минеральных элементов. Их ежегодный возврат в почву способствует сохранению и поддержанию в течение длительного времени почвенного плодородия и изменению биологических свойств постагрогенных почв по сравнению с залежными лугами.

*Работа выполнена в рамках тем государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (номера госрегистрации: 122040600023-8 и 122040600021-4).*

#### **Библиографический список**

1. Влияние инвазии борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на плодородие постагрогенных почв Европейского Северо-Востока (на примере средней тайги Республики Коми) / Е. М. Лаптева, И. Г. Захожий, И. В. Далькэ, Ю. А. Смотрина, Э. А. Генрих // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 66–73. doi: 10.25750/1995-4301-2021- 3-066-073
2. Рубан Г. А. Влияние борщевика Сосновского как предшественника на продуктивность однолетних кормовых культур // Интродукция растений на Европейском Северо-Востоке. Сыктывкар, 1995. С. 160–167.
3. Казеев К. Ш., Колесников С. И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону : Изд-во Южного федерального университета, 2012. 260 с.



4. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М. : Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

5. Ананьева Н. Д., Сусьян Е. А., Гавриленко Е. Г. Особенности определения углерода микробной биомассы методом субстрат-индуцированного дыхания // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1327–1333.

6. Глушакова А. М., Качалкин А. В., Чернов И. Ю. Влияние инвазионных видов травянистых растений на структуру почвенных дрожжевых комплексов смешанного леса на примере *Impatiens parviflora* DC // Микробиология. 2015. Т. 84. № 5. С. 606–611. doi: 10.7868/S0026365615050092

7. Товстик Е. В., Широких А. А., Широких И. Г. Микробиологическое состояние почв под инвазивными зарослями борщевика Сосновского (*Heraclenum sosnowskyi*) // Вестник современных исследований. 2018. № 2.2 (17). С. 5–8.

## **ПАЛЕОПАЛИНОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ СО СЛОЖНЫМ ОРГАНОПРОФИЛЕМ В РЕКОНСТРУКЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ГОЛОЦЕНА**

***А. В. Филимонова***

*Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого, filimonova9797@mail.ru*

Выполнен палеопалинологический анализ дерново-подзолистых почв со вторым гумусовым горизонтом, расположенных в центральной и южной частях Куменского района Кировской области, с целью реконструкции изменений растительного покрова и климатических условий исследуемой территории в голоцене.

Ключевые слова: споры, пыльца, торф, спорово-пыльцевой анализ, климатические стадии, палеогеографические исследования, стратиграфия.

Изменение климата является одной из глобальных проблем современности. Периодические смены климатических параметров приводят к закономерным сменам природных формаций. Изучение и реконструкция биотических сообществ прошлых эпох необходимы для понимания динамики климатических изменений и построения моделей изменения климата в современную эпоху.

Одним из наиболее часто используемых в реконструкции климата и растительных сообществ прошлых эпох является палеопалинологический (спорово-пыльцевой) анализ грунтов, торфяных залежей, почв [1, 2].

Почвы со вторым гумусовым горизонтом – это уникальные природные образования, распространенные в пределах таежно-лесной и лесостепной зон России [2, 3]. Вопрос о происхождении второго гумусового горизонта в некоторых подзолистых и дерново-подзолистых почвах остается дискуссионным до настоящего времени. Существуют две основные гипотезы происхождения

почв с горизонтом Ah: гипотеза реликтового происхождения и гипотеза современного генезиса второго гумусового горизонта. Согласно гипотезе реликтового происхождения второй гумусовый горизонт дерново-подзолистых почв, торфяная залежь, погребенные почвы содержат в себе споры растений, произраставших на данной территории несколько тысячелетий назад [4]. Определив видовой состав и ареал растительности, можно предположить каким был состав фауны, особенности климата. Существует мнение, что во времена голоцена граница лесной зоны на территории Русской равнины была сдвинута на 450–550 км к северу, широколиственные леса произрастали вплоть до г. Санкт-Петербурга [5–7]. Также вероятно произрастание на данной территории степных злаков, некоторые виды которых сохранились до настоящего времени.

Целью данного исследования является реконструкция периодичности изменений климата и растительного покрова на территории Кировской области в период голоцена с помощью палеопалинологического анализа.

Объектом исследования являются дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы со вторым гумусовым горизонтом на покровных суглинках Чепецко-Кильмезского водораздела. В ходе исследования заложено 8 разрезов в ельнике-кисличнике, три – в выработанном торфомассиве. Образцы минеральных почв обрабатывали согласно методу В. П. Гричука [1, 2], пробы торфа – методике Поста [8]. Обнаруженные палиноморфы определяли с помощью атласов-определителей [9–11] и заносили в палеопалинологические спектры.

В ходе исследования был проведен палеопалинологический анализ северной части ареала дерново-подзолистых почв со сложным органопрофилем.

Второй гумусовый горизонт в типичных подзолистых и дерново-подзолистых почвах представлен в виде различных пятен темно-серого цвета в середине подзолистого или в нижней части пахотного горизонта. По причине перемешивания второго гумусового горизонта с пахотной толщей на участках сельскохозяйственного использования горизонт Ah либо полностью исчезает, либо остается в профиле в виде мелких пятен и затеков в нижележащие горизонты. В профилях лесных почв второй гумусовый горизонт сохраняется лучше, соответственно, палиноморфы в данных почвах подвержены меньшему разрушению и переносу в другие горизонты почвенного профиля.

Под влиянием современных климатических факторов на исследуемой территории сформировался ельник разнотравно-зеленомошный. Древостой представлен елью европейской (*Picea abies* L.), пихтой сибирской (*Abies sibirica* L.), осинкой обыкновенной (*Populus tremula* L.). На исследуемой площади было заложено четыре почвенных разреза. В каждом из них отчетливо виден второй гумусовый горизонт, фрагментарно залегающий на глубине 20–30 см. Он представлен в виде темных серовато-бурых, черных пятен в средней части горизонта A2, и в виде затеков в горизонте A2B, имеет листоватую структуру и среднесуглинистый гранулометрический состав.

На основании полученных данных палеопалинологических спектров можно предположить как изменялись растительный покров и климат исследуемой территории в прошлом. В спорово-пыльцевом спектре горизонта A0A1 преобладает пыльца ели обыкновенной, сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), пихты сибирской, можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.), майника двулистного (*Majanthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt). Данный набор палиноморф типичен для фитоценоза южной подзоны, сформировавшегося в условиях умеренного климата с относительно низкими среднегодовыми температурами и высоким уровнем влажности.

В палеопалинологическом спектре подзолистого горизонта (рис.) наблюдаются изменения, заключающиеся в уменьшении количества пыльцы хвойных и увеличении количества пыльцевых зерен мелколиственных древесных и кустарниковых видов, а также в единичном обнаружении пыльцы липы. Помимо того, удалось определить наличие в спектре данного горизонта пыльцы ластовней лекарственного (*Vincetoxicum hirundinaria* Medik.) и острого (*Cynanchum acutum* L.), кирказона ломоносовидного (*Aristolochia clematitis* L.), единично встречаются пыльцевые зерна тюльпана (*Tulipa* spp.). Наряду с пыльцой южных видов обнаружена пыльца таких типичных для зоны исследования растений как: дудник лесной (*Angelica sylvestris* L.), дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis* L.), горошек мышиний (*Vicia cracca* L.). Этот набор палиноморф характерен для растительного покрова суббореального начала субатлантического периода голоцена. Для данного периода времени были характерны более высокая температура и влажность, чем в настоящее время. В фитоценозе преобладали хвойные древесные виды, но, тем не менее, сохранялась доля широколиственных пород. В травостое все еще встречались теплолюбивые лесостепные и степные виды, но их количество по отношению к типичным бореальным видам значительно уменьшалось. Вероятно, фитоценоз суббореального-субатлантического периода голоцена был представлен хвойно-широколиственным лесом.

Спорово-пыльцевой спектр горизонта A2Ah значительно отличается от всех остальных горизонтов профиля по видовому составу и количеству обнаруженной пыльцы. В пробах, отобранных из второго гумусового горизонта, обнаружена пыльца липы крупнолистной (*Tilia platyphyllos* Scop.), клена полевого (*Acer campestre* L.), дуба пушистого (*Quercus pubescens* Willd.), также единично встречается пыльца березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.). При проведении палеопалинологического анализа обнаружено большое количество разнообразной по видовому составу пыльцы травянистых видов, среди которых: кирказон ломоносовидный, барвинок травянистый (*Vinca herbacea* Waldst. & Kit.), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), ястребинка (*Hieracium* spp.), адокса мускусная (*Adoxa moschatellina* L.), вороний глаз четырехлистный (*Paris quadrifolia* L.), луговик извилистый (*Avenella flexuosa* (L.) Drejer), пузырник древовидный (*Colutea arborescens* L.), ландыш майский (*Convallaria majalis* L.), множество злаковых. Встречается пыльца кустарни-

ков: крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.), облепиха крушиновидная (*Hippohaë rhamnoides* L.), бузина черная (*Sambucus nigra* L.).

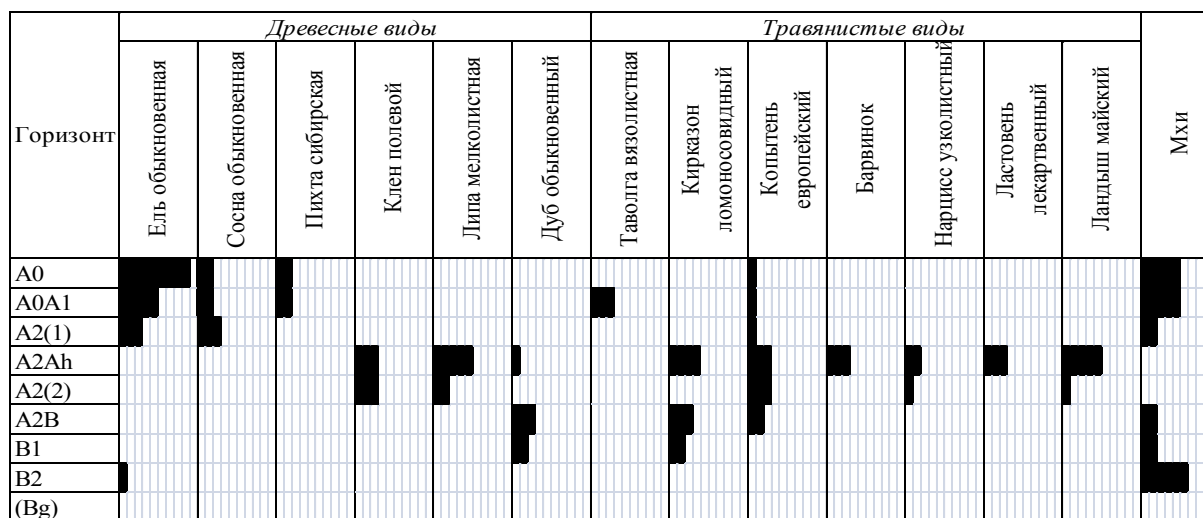


Рис. Спорово-пыльцевая диаграмма разрезов, заложенных в ельнике разнотравно-зеленомошном

По результатам анализа можно предположить, что данный период в развитии растительного покрова территории соответствует атлантическому периоду – оптимуму голоцена. В древостое доминировала липа крупнолистная с примесью дуба, клена полевого, бука лесного. На отрогах Вятских Увалов, вероятно, произрастал дуб пушистый. В подлеске встречалась бузина черная, крушина ломкая и облепиха крушиновидная. Под пологом лесов развивался обильный травяной покров, представленный, главным образом, злаковым разнотравьем и формировавший под воздействием климатических факторов среды почвы с мощным гумусовым горизонтом. Остатки именно этого горизонта присутствуют в настоящее время в дерново-подзолистых почвах. По опушкам лесов произрастали барвинок травянистый, кирказон ломоносовидный, адокса мускусная, асфodelина, лесостепные и степные виды. Виды растений, пыльца которых была обнаружена в данном горизонте, более всего соответствуют фитоценозу современных широколиственных лесов.

В пробах, отобранных из нижней части подзолистого горизонта (A2(2)), также обнаружена пыльца липы и клена, но в меньшем количестве, нежели во втором гумусовом горизонте. Кроме того, встречается пыльца медуницы мягкой (*Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem.), барвинка травянистого, нарцисса узколистного (*Narcissus angustifolius* Curtis), а также пыльцевые зерна злаков. Такое изменение палеопалинологического спектра указывает на смену сурового холодного климата бореального периода на мягкий и теплый атлантического. Вероятно, что фитоценоз бореального периода по видовому составу был близок к современному и представлял из себя темнохвойный лес с примесью широколиственных пород.

В иллювиальном и переходном к нему горизонте А2В обнаружено значительно меньшее количество пыльцы, в большей степени принадлежавшей хвойным древесным видам, а также значительное количество спор папоротников и мхов.

Минеральные почвы в таежной лесной зоне подвергаются процессу оподзоливания. В результате промывного водного режима и действия кислых соединений из верхних горизонтов лесной почвы удаляются в первую очередь все легкорастворимые вещества. При дальнейшем воздействии кислот разрушаются и более устойчивые соединения первичных и вторичных минералов. Совместно с этим происходит вынос и переотложение палиноморф из верхних горизонтов в нижележащие, часто споры и пыльца выносятся за пределы рассматриваемого почвенного профиля, поэтому при реконструкции климата и растительного покрова территории для уточнения происходивших процессов проведен палеопалинологический анализ почв торфяной залежи.

В ходе исследования были заложены разрезы на выработанном участке торфомассива Бурмакинское Куменского района. Глубина остаточной залежи до 40 см.

Спорово-пыльцевой анализ верхнего слоя торфа на участке болота Большое в окрестностях д. Швецово Куменского района показал, что состав палиноморф соответствует современному фитоценозу. Обнаружена пыльца лиственницы сибирской, триостренника болотного. На глубине 10–38 см найдена пыльца сосны, ивы, подмаренника и полыни. На глубине 38 см наблюдается переход от остаточной залежи торфа к минеральной почве, профиль представлен несколькими слоями крупного песка. Вероятно, все палиноморфы, найденные в данных горизонтах, были вымыты из верхних слоев торфа.

В слоях песка на глубине до 75 см обнаружены многочисленные пыльцевые зерна бука лесного, дуба обыкновенного, копытня европейского, кирказона ломоносовидного, а также пыльца злаков.

Таким образом, палеопалинологический анализ почв и торфа позволяет реконструировать климатические условия и растительный покров на определенной территории в разные периоды голоцена. Вторые гумусовые горизонты в некоторых подзолистых и дерново-подзолистых почвах Чепецко-Кильмезского водораздела являются реликтами мощных гумусовых горизонтов, сформировавшихся, вероятно, в среднем голоцене под пологом широколиственных лесов. Фитоценоз исследуемой территории менялся следующим образом: в период раннего голоцена фитоценоз напоминал современные темнохвойные леса, затем в период оптимума голоцена доминирующими стали хвойно-широколиственные леса с преобладанием липы крупнолистной, дуба обыкновенного, клена полевого, злаков в травянистом ярусе. При переходе к современным климатическим условиям процент широколиственных пород в фитоценозе постепенно стал уменьшаться, доминирующими стали темнохвойные леса.

### Библиографический список

1. Гричук В. П. Опыт реконструкции некоторых элементов климатов северного полушария в атлантический период голоцена // Голоцен. М. : Наука, 1969. С. 41–57.
2. Рудая Н. А. Палинологический анализ: учеб.-метод. пособие. Новосибирск, 2010. 48 с.
3. Прокашев А. М. Генезис и эволюция почв бассейна Вятки и Камы (по палеопочвенным данным). Киров : Изд-во ВятГГУ, 2009. 386 с.
4. Шпедт А. А., Ямских Г. Ю., Малашенко О. А. Генезис второго гумусового горизонта в серых лесных почвах Красноярской лесостепи // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. Т. 4, №1 (61). С. 81–86.
5. Борисова О. К. Ландшафтно-климатические изменения в умеренных широтах Северного и Южного полушарий за последние 130 000 лет. М. : ГЕОС, 2008. 264 с.
6. Гричук В. П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. М., 1989. 183 с.
7. Панова Н. К., Антипина Т. Г. Голоценовая история лесов на восточном склоне Среднего Урала // Леса России и хозяйство в них. 2017. №3 (62). С. 53–64.
8. Палеопалинология. Методика палеопалинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий. Л. : Недра, 1966. 352 с.
9. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однолетних растений флоры европейской части СССР / А. Е. Бобров, Л. А. Куприянова, М. В. Литвинцев, В. Ф. Тарасевич. Л. : Наука, 1983. 208 с.
10. Кац Н. Я., Кац С. В., Скобеева Е. И. Атлас растительных остатков в торфах. М. : «Недра», 1977. 376 с.
11. Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Руководство в трех томах. Т. 1. Л.: Изд-во Наука, Ленингр. отд., 1972. С. 1–171.

## ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ГОЛОЦЕНЕ

*О. Е. Кононова*

*Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого, oksana.kononova.98@mail.ru*

В данной статье представлена информация по реконструкции изменений растительного покрова и климатических условий каждого этапа формирования торфяной залежи и окружающей территории в голоцене.

Ключевые слова: торф, споры, пыльца, спорово-пыльцевой анализ, ботанический состав, климатические стадии, голоцен.

Климат считается одним из главных факторов при формировании и существовании природных экосистем. Периодические смены климатических параметров приводят к закономерным сменам природных формаций.

Изучая историю формирования болотных систем, можно установить общие закономерности в развитии и исчезновении болот во времени, опреде-

лить, как они возникают, развиваются и исчезают. В процессе развития болотных систем происходит закономерное захоронение растительных остатков в формирующейся толще торфа. На каждом этапе развития болота консервируются остатки растений, произраставших в определённых климатических условиях. При исследовании этих растительных остатков по слоям можно восстановить историю формирования и изменения климата и растительного покрова в разные временные эпохи.

При изучении состава и свойств торфа широко используются палеопалинологический (спорово-пыльцевой) метод и метод ботанического анализа. Объектами спорово-пыльцевого анализа являются палиноморфы: пыльца голосеменных и покрытосеменных растений, споры растений и грибов; а ботанического анализа – растительные остатки (листья, корни, древесина).

Целью данного исследования является выявление основных этапов формирования болота Бурмакинское через реконструкцию изменений растительного покрова и климата на территории Кировской области в период голоцена.

Для исследования были выбраны торфяные почвы болота Бурмакинское в Кумёнском районе Кировской области. Определено шесть пробных площадей, на которых заложено шесть почвенных разрезов. Пробы торфа отбирали через 10 см и обрабатывали согласно палеопалинологическому [1] и ботаническому [2] методам. Обнаруженные палиноморфы определяли с помощью атласов-определителей [3–5] и вносили в палеопалинологические спектры.

Во всех изучаемых разрезах выделены слои и горизонты, сходные по ботаническому составу. На основании этого сходства составлен общий спорово-пыльцевой (рис. 1) и стратиграфический (рис. 2) спектр.

На основании полученных данных можно реконструировать изменения климата и растительного покрова исследуемой территории.

Нижний слой (140–185 см) граничит с минеральным горизонтом. В его ботаническом составе преобладает содержание остатков пухоноса дернистого (*Trichophorum cespitosum* (L.) Hartm.) и шейхцерии болотной (*Scheuchzeria palustris* L.), единично встречаются остатки пушицы влагалищной (*Eriophorum vaginatum* L.), сфагновых мхов (*Sphagnum* spp.) и осок (*Carex* spp). Присутствие остатков пушицы указывает на бедность минералогического состава почвы. В палинологическом спектре преобладает пыльца лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), водяники чёрной (*Empetrum nigrum* L.), единично встречаются береза карликовая (*Betula nana* L.), пихта европейская (*Abies alba* Mill.), споры мхов, хвощей и лишайников. Видовой состав пыльцы и растений-торфообразователей свидетельствует о том, что данный этап в развитии исследуемого биогеоценоза приходился на конец бореального периода голоцена. Фитоценоз данного периода был похож на современную лесотундру, представлен ерником с примесью пихты и лиственницы, большая часть почвы была покрыта зарослями пухоноса и пушицы, сфагновыми мхами. Вероятно, климат данного периода был сухим и холодным, но постепенно менялся в сторону потепления.

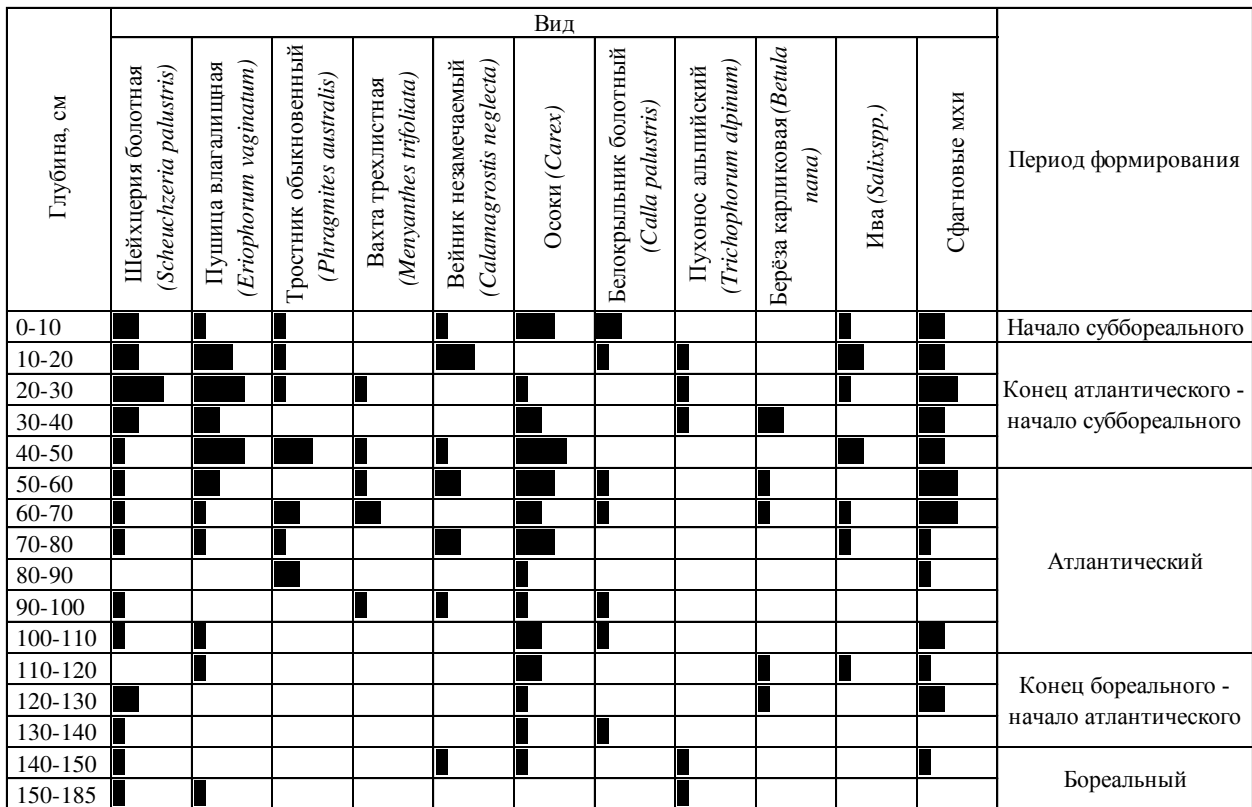


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма торфяных разрезов

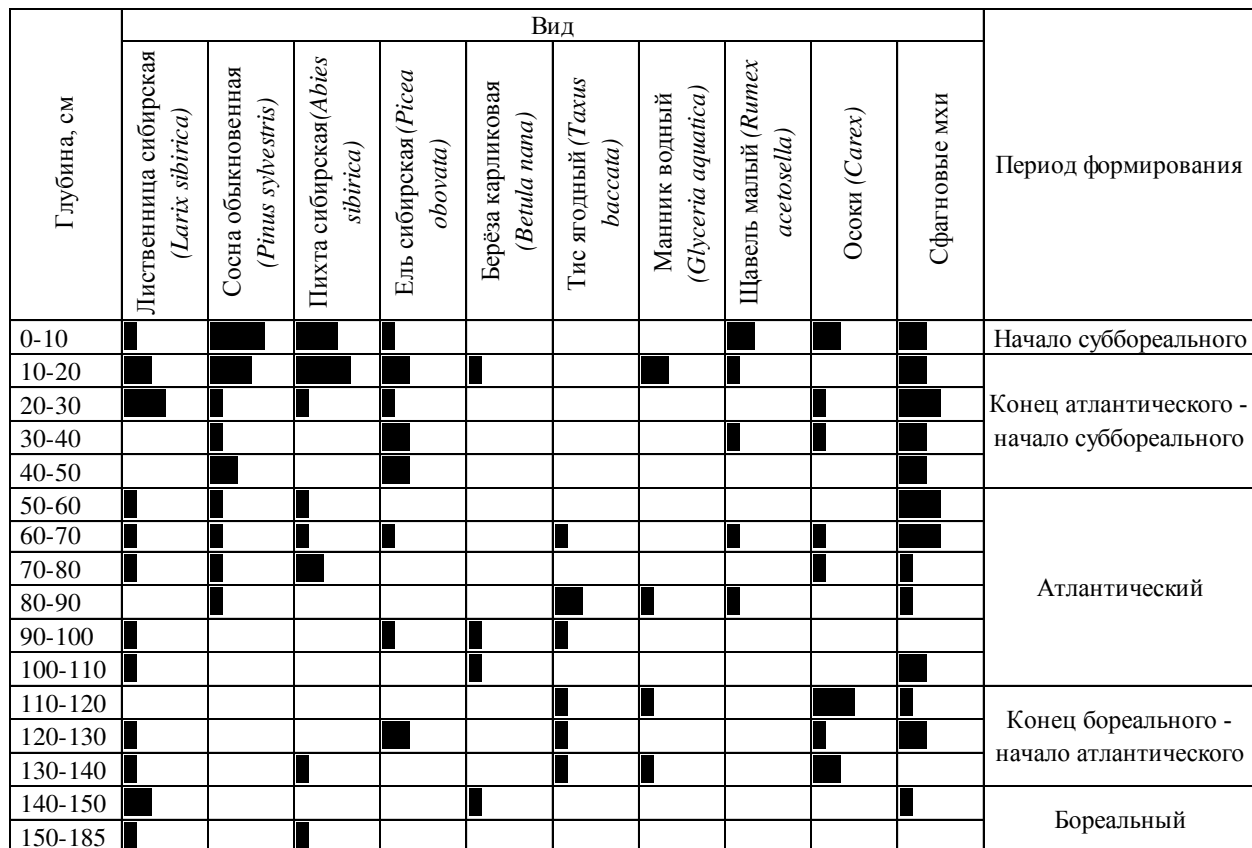


Рис. 2. Стратиграфическая схема ботанического состава торфяной толщи Бурмакинского торфомассива



В ботаническом составе нижней части следующего слоя (110–140 см) преобладает содержание холодолюбивых растений – осок (*Carex diandra* Schrank, *C. lasiocarpa* Ehrh., *C. appropinquata* Schum.), из чего можно сделать вывод, что начало формирования слоя приходилось на более холодный период. В верхней части слоя появляются остатки берёзы карликовой и ивы (*Sallix* spp.), которые указывают на потепление климата. Кроме того, в палеопалинологическом спектре присутствует пыльца тиса ягодного (*Taxus baccata* L.), ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.), граба обыкновенного (*Carpinus betulus* L.), ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst) и пихты европейской. В настоящее время такие виды, как тис ягодный и граб обыкновенный, не произрастают на исследуемой территории; вероятнее всего, их пыльца была занесена ветром, но наличие их в спектре также указывает на общее изменение климата в сторону потепления. Вероятно, в это время происходила смена фитоценоза с ерника на светлохвойный лес с примесью лиственных пород. Исходя из данных палеопалинологического и ботанического спектров, можно судить о смене холодного и сухого климата на более мягкий, теплый и влажный, что характерно для конца бореального периода голоцена.

В пробах торфа, отобранных на глубине 50–110 см, при ботаническом анализе обнаружено значительное содержание остатков осок, сфагновых мхов, пушицы влагалищной, тростника обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) – эти виды растений произрастают на увлажненных местах. Вейник незамечаемый (*Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Schreb.), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata* L.) и тростник обыкновенный являются гигрофильными видами, корни которых слабо развиты и чаще всего погружены в воду. Преобладание растительных остатков видов этих растений в торфе свидетельствует о сильном увлажнении субстрата, соответственно, можно предположить, что фитоценоз формировался в условиях избыточного увлажнения. В спорово-пыльцевом спектре преобладает содержание пыльцы древесных видов: можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), тиса ягодного, пихты европейской, лиственницы сибирской, сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Преобладание в залежи пыльцы древесных видов указывает на общее изменение климата в сторону потепления. Вероятно, период формирования торфяной залежи приходился на атлантический период голоцена – климатический минимум. Влажность в атлантическом периоде несколько менялась, но все же была выше, чем в другие периоды голоцена. Фитоценоз исследуемой территории был представлен хвойно-широколиственным лесом, в травяном ярусе встречались виды, в настоящее время произрастающие в лесостепной зоне: кирказон ломоносовидный (*Aristolochia clematitis* L.), чемерица черная (*Veratrum nigrum* L.), птицемлечник (*Ornithogalum* sp.).

В ботаническом составе верхнего слоя (10–50 см) торфяной залежи обнаружены остатки сфагновых мхов, осок (*Carex chordorrhiza* Ehrh., *C. diandra*, *C. appropinquata*), большое количество пушицы влагалищной, шейхцерии бо-

лотной, а также древесных видов: берёзы карликовой и видов ив. В спорово-пыльцевом спектре обнаружено большое количество пыльцы сосны обыкновенной, ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.). Присутствие в ботаническом составе торфяной залежи остатков берёзы и ивы указывает на то, что климат становится более сухим, а обнаруженные в палинологическом спектре пыльцевые зерна древесных видов свидетельствуют о том, что средняя годовая температура начала снижаться, но все еще была выше современной. Тип фитоценоза был похож на современный и в общем плане представлял заболоченный ельник разнотравный. В древостое доминировала ель европейская, реже встречалась сосна обыкновенная, лиственница сибирская. В подлеске доминирующими видами являлись: можжевельник обыкновенный, крушина (*Frangula alnus* Mill.) и таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.). Травяной покров в большей степени был представлен видами семейства осоковые, а значительная часть почвы была покрыта сфагновыми мхами. Вероятнее всего, в это время происходил переход от атлантического периода голоцена к суббореальному.

В верхней части почвенного профиля на глубине от 0 до 10 см в ботаническом составе преобладают остатки пушицы влагалищной, шейхцерии болотной, белокрыльника болотного (*Calla palustris* L.), вейника незамечаемого. При спорово-пыльцевом анализе обнаружена пыльца сосны обыкновенной, пихты сибирской, ели сибирской, щавеля малого (*Rumex acetosella* L.), осоки, жимолости лесной (*Lonicera xylosteum* L.), споры сфагновых мхов. Данные виды являются типичными для современных фитоценозов, окружающих торфомассив.

Исследуемая торфяная залежь является остаточной после разработки торфомассива Бурмакинский в 70–80-е годы XX в., поэтому проследить изменение фитоценоза до настоящего времени невозможно. Сейчас на исследуемой территории сформирован древесно-кустарниково-разнотравный фитоценоз. Древостой представлен елью европейской, сосной обыкновенной, осинкой обыкновенной (*Populus tremula* L.), березой повислой (*Betula pendula* Roth), в подлеске встречаются рябина обыкновенная и различные виды ив. Напочвенный покров представлен осоками, злаками (Poaceae), сфагновыми мхами.

Формирование Бурмакинского болота проходило в четыре основных этапа. Начало формирования болота пришлось на бореальный период: это подтверждает большое количество пыльцы лиственницы и пихты, найденное в пробах. Затем шел переход от бореального к атлантическому: относительно прохладный и засушливый климат сменился теплым и влажным. Начало формирования горизонта в холодных условиях подтверждает присутствие в пробах нижней части горизонта большого количества осок и сфагновых мхов. Следующий – атлантический период, который называют климатическим оптимумом. Для него был характерен расцвет лесных формаций, об этом свидетельствует значительное содержание остатков широколиственных пород. Последним этапом формирования болота является переходный от атлантическо-

го к суббореальному периоду, климат в это время стал более сухим и холодным. На данном этапе появляется большое количество остатков темнохвойных пород, широколиственные встречаются реже.

#### **Библиографический список**

1. Палеопалинология. Методика палеопалинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий. Л. : Недра, 1966. 352 с.
2. ГОСТ 28245-89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. М., 1990. 21 с.
3. Кац Н. Я., Кац С. В., Скобеева Е. И. Атлас растительных остатков в торфах. М. : Недра, 1977. 376 с.
4. Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Руководство в трех томах. Т. 1. Л. : Наука, 1972. 171 с.
5. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры Европейской части СССР / А. Е. Бобров, Л. А. Куприянова, М. В. Литвинцева, В. Ф. Тарасевич. Л. : Наука, 1983. 208 с.

### **АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ЗАКАЗНИКА «КАМЕННАЯ СТЕПЬ» ПОД РАЗЛИЧНЫМИ БИОЦЕНОЗАМИ**

*Л. Д. Стахурлова, А. В. Филатова*

*Воронежский государственный университет, stakhurlova@rambler.ru*

В условиях степной зоны исследованы агрохимические показатели черноземных почв под различными биоценозами. В почвах 70-ти летней пашни снижается содержание гумуса, но заметно увеличивается количество доступных для растений элементов минерального питания, реакция почвенного раствора при этом не изменяется.

Ключевые слова: черноземные почвы, биоценозы, плодородие, гумус, кислотность, обменные основания, элементы питания растений.

Со второй половины XX века в ландшафтах степной зоны России отмечается существенное увеличение площадей гидроморфных почв. Этому способствуют особенности общей гидрологической обстановки современных ландшафтов всей территории юга Русской равнины, которая совпадает с процессами, происходящими в Каменной Степи. Автоморфные черноземы подвергаются интенсивному переувлажнению, приобретают признаки гидроморфизма, приводящие к их деградации, а также к нарушению однородности полей и севооборотов, вызывающих необходимость изменения структуры севооборотов [1]. Находясь в неразрывном единстве с другими компонентами экосистемы, антропогенно преобразованная почва изменяет свои связи и соотношения с ними. Вот почему сложившаяся ситуация требует необходимого информационного обеспечения экологической оценки состояния черноземов,

краткосрочного и долгосрочного прогноза их развития, организации действенной системы комплексного агроэкологического мониторинга земель.

Целью настоящих исследований было выявление особенностей агрохимических свойств черноземных почв под различными биоценозами на примере заказника «Каменная степь» Воронежской области.

Объект исследования – лугово-чернозёмные тяжелосуглинистые почвы на карбонатных суглинках и глинах под различными биоценозами (пашня, используемая с 1952 года, косимая залежь, лесополоса). Исследования проводили общепринятыми методами: гумус – по И. В. Тюрину, обменные основания – комплексонометрически,  $pH_{\text{вод}}$  – потенциометрически, гидролитическая кислотность – по Каппену, нитратный азот и подвижный фосфор – спектрофотометрически, обменный калий – пламенной фотометрией [2].

Устойчивость почв к различным факторам воздействия зависит от базовых показателей почвенного плодородия. Черноземные почвы заказника «Каменная степь» характеризуются как среднегумусные с высокой емкостью катионного обмена. Содержание гумуса в верхних горизонтах почв исследуемых вариантов варьировало от 7,2% до 8,7% (табл. 1).

Таблица 1

**Основные показатели плодородия черноземных почв  
под различными биоценозами**

Биоценоз	Глубина, см	Гумус,%	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	Нг	pH <sub>вод</sub>
			ммоль (+) / 100 г		
Косимая залежь	0–10	8,7	48,7	2,2	6,9
	10–20	8,2	46,2	1,7	7,0
	20–30	7,1	43,7	1,4	7,2
	30–40	6,4	42,4	1,2	7,2
	40–50	5,2	41,8	0,7	7,4
Лесополоса	0–10	8,2	45,9	2,2	6,7
	10–20	7,9	43,6	1,9	6,8
	20–30	7,1	42,8	1,7	7,0
	30–40	5,9	41,0	1,0	7,1
	40–50	5,0	39,7	0,5	7,4
Пашня с 1952 г.	0–10	7,2	44,8	1,8	7,1
	10–20	6,9	44,3	1,4	7,1
	20–30	6,2	42,6	1,2	7,2
	30–40	5,2	40,7	0,8	7,3
	40–50	4,6	39,6	0,5	7,4

Характер профильного распределения гумуса в полуметровой толще почв в системе залежь-лесополоса-пашня постепенно убывающий сверху вниз по профилю. На пашне количество гумуса снижается в среднем на 15%. Сравнительная оценка результатов по биоценозам свидетельствует о том, что длительная распашка чернозёмных почв, смена степной травянистой растительности на ежегодно сменяемые культуры агроценозов способствовали развитию ряда процессов, вызывающих изменение свойств почв, в первую очередь – процесса незначительной дегумификации. Математическая обработка

результатов исследований, проведенная Ю. И. Чевердиным, показала, что наибольшие потери гумуса обнаруживаются в первые годы распашки целины, затем темпы потерь снижаются и стабилизируются, и к 2050 году лугово-черноземные почвы Каменно-степного стационара будут также характеризоваться как среднегумусные [1]. Сумма обменных оснований  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в составе почвенно-поглощающего комплекса (ППК) в верхнем слое почв увеличивалась в ряду: пашня – лесополоса – косимая залежь и составляла соответственно 44,8; 45,9; 48,7 ммоль (+)/100 г почвы. Этот показатель при относительно однородном гранулометрическом составе зависел в основном от содержания гумуса. Вниз по профилю различия в сумме обменных оснований в составе ППК постепенно сглаживались, что и подтверждает их тесную связь с гумусом. Величина гидролитической кислотности постепенно снижается с глубиной, а абсолютные величины pH, наоборот, повышаются, что легко объясняется генезисом степных почв.

Показателем эффективного плодородия почв является наличие в них доступных элементов питания. Еще Д. Н. Прянишников отмечал, что главным условием, определяющим высоту урожая, является степень обеспеченности почв азотом [3]. Почвы естественных биоценозов имеют низкое содержание нитратного азота (табл. 2). В почвах пашни количество нитратов увеличивается в 2,5 раза, что возможно является следствием усиления минерализационных процессов и действия внесенных ранее удобрений. Количество подвижного фосфора и обменного калия в ненарушенных почвах характеризуется как среднее для выращивания зерновых и зернобобовых культур. Ожидается, что в почвах пашни содержание доступных растениям фосфора и калия заметно увеличивается в 1,5–2 раза соответственно.

Таблица 2

**Содержание доступных элементов питания растений  
в черноземных почвах различных биоценозов, мг/100 г**

Биоценоз	Глубина, см	N – NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Косимая залежь	0–10	0,6	8,9	10,4
	10–20	0,7	8,5	7,0
	20–30	0,6	6,3	5,6
	30–40	0,4	4,0	5,9
	40–50	0,4	3,9	5,0
Лесополоса	0–10	0,7	10,2	10,0
	10–20	0,7	8,4	8,6
	20–30	0,7	8,2	9,0
	30–40	0,6	8,0	7,8
	40–50	0,6	5,4	7,4
Пашня с 1952 г.	0–10	1,2	14,1	20,0
	10–20	1,8	13,3	18,5
	20–30	1,1	9,5	12,8
	30–40	1,0	5,5	8,3
	40–50	0,9	6,0	7,0

Таким образом, лугово-черноземные почвы заказника «Каменная степь» имеют высокое потенциальное плодородие, их агрохимические свойства можно считать удовлетворительными. Полученные результаты исследований могут быть использованы службой агроэкологического мониторинга для прогнозирования состояния почвенного покрова степной зоны.

#### **Библиографический список**

1. Чевердин Ю. И., Хитров Н. Б. Почвы Каменной Степи от времени В. В. Докучаева до наших дней. М. : ФГБНУ Почвенный институт имени В. В. Докучаева. 2016. С. 15–30.
2. Воробьева Л. А. Химический анализ почв. М. : МГУ, 1998. 272 с.
3. Стахурлова Л. Д., Девятова Т. А. Учение о почвах. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021. 236 с.

### **ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН ЯРОСЛАВЛЯ, РЫБИНСКА И ТУТАЕВА**

*И. Н. Волкова<sup>1</sup>, Е. Д. Волошина<sup>2</sup>, Г. О. Иванчук<sup>1</sup>, Г. В. Фролов<sup>3</sup>*  
*<sup>1</sup> Ярославский государственный университет  
имени П. Г. Демидова, involk6@gmail.com*  
*<sup>2</sup> ООО «Социальное питание», liza.petrtnko.1999@mail.ru*  
*<sup>3</sup> Онлайн Экология, gleb50896@mail.ru*

В работе обобщены результаты четырехлетнего изучения некоторых химических свойств и загрязненности тяжелыми металлами и металлоидами 1 (As, Cd, Pb, Zn) и 2 (Co, Cr, Cu, Ni) классов опасности верхних горизонтов почв различных функциональных зон трех городов Ярославской области. Установлено, что ранжировать городские ландшафты по степени загрязнения проблематично: каждая из функциональных зон, особенно в больших и крупных городах, может оказаться значительно загрязненной одним или несколькими тяжелыми металлами.

Ярославль, Рыбинск и Тутаев относятся к различным группам городов по численности населения – большому, крупному и малому соответственно. Целью работы было первичное мониторинговое исследование состояния почв различных функциональных зон или элементарных городских ландшафтов (ЭГЛ) и выявление закономерностей формирования их свойств в условиях со сходной по типу, но разной по интенсивности антропогенной нагрузки.

Объекты исследования – верхние горизонты почв (0–10 см), расположенных на примерно одинаковых по геоморфологии участках и принадлежащих к разным ЭГЛ. В Ярославле это были парки Юбилейный, Петропавловский и лесопарк Тверицкий бор, примагистральные газоны в разных районах города и территории промышленных зон заводов Дизельной аппаратуры, Моторного, фабрики «Русьмебель». В Рыбинске изучали почвы парков имени

Г. Г. Фейгина, Дмитровского и Кустовского, газоны вблизи крупных автотранспортных развязок и почвы промзон заводов «Литекс» и НПО «Сатурн».

В Тутаеве были изучены почвы парка отдыха, селитебной зоны, газонов вдоль проспекта Октября и промзоны вокруг моторного завода.

Почвенные образцы отбирались в одно время – в конце сентября – начале октября в 2018–2022 гг., на каждой из территорий закладывали пробные площади 10x10 м в трех повторностях; хранение, пробоподготовку и определение гранулометрического состава и обменной кислотности проводили по стандартным методикам [1]. Содержание органического углерода определяли методом сухого сжигания с использованием CHNS-анализатора Elementar Vario ELIII в соответствии с ГОСТ 23740-2016 [2], содержание валовых форм тяжелых металлов и металлоидов анализировали методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе Agilent ICP-MS 7500 [3]. При анализе данных по загрязнению верхнего горизонта почв ТМ мы опирались на общепринятые показатели ОДК для той или иной группы почв, в случае их отсутствия – на ПДК [4] или на величины кларков металлов, приведенных в монографии В. В. Ермакова с соавторами [5]. Почвенные образцы для определения содержания валовых форм ТМ были подготовлены методом микроволнового кислотного разложения почв [3]. Статистическая обработка данных проводилась с использованием сервисов MS Excel.

Нами не обнаружено отклонений по показателю обменной кислотности верхних горизонтов исследованных почв от ранее установленных закономерностей для почв городов: большинство почв имеют нейтральные или слабощелочные значения. Наиболее близки к природным аналогам почвы Тверицкого бора в Ярославле (рН = 5,4) и парка отдыха в Тутаеве (рН = 5,7). Иногда слабокислые значения показателя отмечены на загрязненных и механически нарушенных территориях промзон (Дизельная аппаратура, Ярославль) (табл.).

Содержание  $C_{\text{орг}}$  в городах мозаично, четко выстроить зависимость от типа ЭГЛ трудно: в любой функциональной зоне могут быть как более высокие, так и более низкие значения относительно величин, характерных для дерново-подзолистых почв региона. Самые низкие величины  $C_{\text{орг}}$  находятся в интервале 0,86–1,83% и отмечены для почв селитебной зоны Тутаева и территорий вблизи некоторых заводов Ярославля и Тутаева, что может быть связано с частым снятием верхнего слоя и обнажением минеральных горизонтов на ЭГЛ этого типа. По нашим данным далеко не всегда парковые почвы богаче органическим веществом, чем все остальные. Во всех городах отмечено сравнимое с парковыми почвами содержание органики и в почве газонов вблизи автомагистралей с интенсивным движением (до 4,4%); на повышение показателя (учитывая искусственность и бедность большинства газонных почв), по-видимому, влияет подсыпка органических веществ в виде торфосмесей при ремонте газонов и обилие оседающей пыли с органической составляющей.

Еще сравнительно недавно при проведении исследований по урбопочвоведению почвы парков предлагалось использовать как контрольные, они рассматривались как благополучные на фоне других городских ландшафтов [6]. Опыт наших работ по изучению как химических, так и биологических свойств почв различных ЭГЛ в городах Ярославской области позволяет говорить о значительной изменчивости почв парков и лесопарков, а часто и большей загрязненности [7]. Для подтверждения последнего сравним загрязненность верхнего горизонта почв городских ландшафтов валовыми формами тяжелых металлов и металлоидов 1 и 2 классов опасности.

*Мышьяк* – один из наиболее токсичных металлоидов, ОДК которого 2–10 мг/кг и, по мнению Ю. Н. Водяницкого, норматив несколько занижен [8]. В исследованных почвах Ярославля и Тутаева он распространен повсеместно и только в двух образцах (промзон) не превышает нижнюю границу ОДК. В парках он выше ОДК для (су)песчаных почв в 1,5–2 раза, загрязнены им и газоны у автомагистралей. Особенно высокая концентрация As отмечена у фабрики Русьмебель в Ярославле (7,8 мг/кг), что может быть связано не только с современным, но и с давним полиэлементным загрязнением этой территории, на что указывают существенные превышения ОДК также по цинку, хрому и никелю на этом участке (табл.).

ОДК *кадмия* имеет значительный разброс в значениях для разных ЭГЛ – от 0,02 до 0,56 мг/кг. Последние значения характерны для парковой почвы г. Рыбинска (парк им. Г.Г. Фейгина) и превышают допустимую границу для (су)песчаных почв. Еще чаще парковые почвы оказываются в разной степени загрязненными *свинцом* – это все парки Ярославля и Рыбинска; особенно высока концентрация свинца в Кустовском парке Рыбинска, она превышает границу ОДК для суглинков с  $pH > 5,5$  в 5 раз. Даже в парке отдыха Тутаева отмечено присутствие свинца ниже границы ОДК, но сравнимое с загрязнением промзоны Моторного завода в этом же городе – 15,4 и 13,3 мг/кг соответственно.

*Цинк* – частый загрязнитель почв в городах области, как крупных, так и малых. Из 20 обследованных почвенных участков только на трех не выявлено превышение ОДК по этому металлу. Загрязнены цинком в количестве, превышающем ОДК для слабокислых суглинков, промзоны предприятий Русьмебель, Литекс, НПО Сатурн, газоны у развязок при мостах, Петропавловский, Дмитровский парки и парк им. Г. Г. Фейгина.

*Кобальтовое* загрязнение в исследованных почвах встречается редко, большая часть значений лежит существенно ниже границы ОДК И ПДК. Превышение ОДК отмечено только для почв на территории НПО Сатурн; еще два образца приближаются к границе ОДК – газоны у Толбухинского моста в Ярославле и почва Дмитровского парка в Рыбинске.



Таблица 1

**Некоторые свойства и валовое содержание тяжелых металлов и металлоидов  
в верхних горизонтах почв Ярославля, Рыбинска, Тутаева**

Образец	ОДК / ПДК, мг/кг	мехсостав	pH <sub>KCl</sub>	C <sub>орг</sub> , %	Тяжелые металлы вал., мг/кг							
					As	Cd	Pb	Zn	Co	Cr	Cu	Ni
					2–10	0,5–2	32–130	55–220	25–50	<sup>62</sup> * (кларк)	33–120	20–80
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Ярославль</b>												
Петропавловский парк	легкий суглинок	6,5± 0,03	3,62± 0,06	3,55	0,30	83,83	161,9	2,81	17,98	15,70	8,37	
Тверицкий бор	супесь-легкий суглинок	5,4± 0,01	5,0±0,1 1	4,42	0,23	42,42	53,74	2,37	7,60	13,99	8,04	
Юбилейный парк	легкий-средний суглинок	7,1± 0,02	2,9± 0,09	3,99	0,23	33,70	88,46	3,61	15,56	20,39	12,22	
Фабрика «Русьмбель»	легкий суглинок	6,8± 0,04	4,57± 0,14	7,82	0,37	40,51	134,4	8,26	62,40	54,25	103,1	
Завод Дизельной аппаратуры	супесь-лёгкий суглинок	5,3± 0,01	1,39± 0,04	0,55	0,024	4,53	33,97	1,95	14,84	8,14	5,74	
Моторный завод	лёгкий-средний суглинок	6,7± 0,05	1,83± 0,01	1,61	0,02	14,42	66,05	3,18	21,86	24,07	14,58	
Газон у Толбухинского моста	легкий суглинок	7,3± 0,02	4,06± 0,02	2,42	0,22	38,86	132,7	19,67	3,88	24,40	9,88	
Газон у просп. Машиностроителей	легкий суглинок	7,1± 0,03	2,77± 0,11	2,54	0,07	11,23	48,17	2,29	10,79	12,89	6,13	
Газон у перекр. ул. Чкалова и Белинского	средний-тяжелый суглинок	6,8± 0,11	2,07± 0,05	3,89	0,11	39,24	72,14	4,11	13,54	24,0	9,66	

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Рыбинск											
Дмитровский парк	средний суглинок	6,3± 0,07	6,8± 0,04	–	0,3	33,78	90,35	22,1	59,8	41,05	127,0
парк им. Г. Г. Фейгина	средний суглинок	6,7± 0,02	2,7± 0,06	–	0,56	49,18	96,3	4,5	69,6	34,01	18,87
Кустовский парк	средний суглинок	7,0± 0,09	3,1± 0,04	–	0,04	318,5	68,3	5,03	19,1	17,7	22,3
Завод «Литекс»	средний суглинок	6,3± 0,01	3,6± 0,01	–	0,5	22,24	102,1	4,3	93,6	66,01	20,06
НПО «Сатурн»	средний суглинок	6,2± 0,12	2,0± 0,01	–	0,3	40,21	236,4	43,1	74,5	27,8	306,92
Газон у развязки перед мостом за Волгу	легкий-средний суглинок	6,9± 0,04	4,35± 0,03	–	0,2	35,29	107,19	4,89	57,8	37,8	22,77
Газон вдоль ул. Горького	супесь	6,9± 0,03	4,31± 0,02	–	0,2	23,77	57,13	4,7	41,6	20,51	19,11
Тутаев											
Парк отдыха	средний-тяжелый суглинок	5,7± 0,13	2,5± 0,08	3,05	0,21	15,35	69,23	6,02	22,31	22,31	15,21
Селитебная	от супеси до среднего суглинка	7,3± 0,07	0,86± 0,07	2,09	0,31	4,58	40,63	3,07	18,01	17,6	9,21
Моторный завод	тяжелый суглинок	6,3± 0,05	1,75± 0,03	3,61	0,16	13,31	58,7	6,95	42,35	38,01	39,4
Газоны по п-ту Октября	легкий суглинок	6,8± 0,08	2,05± 0,01	2,46	0,14	7,62	66,98	3,06	27,07	23,94	9,43

Примечание: \* – значение, соответствующее кларку хрома.

ПДК валовой формы *хрома* в России не принята, его кларк по данным В. В. Ермакова равен 62 мг/кг [5], по Ю. Н. Водяницкому 70 мг/кг [8]. По расчетам Ю. Н. Водяницкого отношение ПДК к кларку должно лежать в интервале от 2 до 3, исходя из этого и с опорой на нормы зарубежных стран, автором предложена величина ПДК 200 мг/кг, в целом она выглядит обоснованной, но пока не общепринята. В своих рассуждениях мы отталкивались от значений кларка для хрома, приведенного В. В. Ермаковым. В г. Рыбинске отмечено наибольшее число участков с превышением значений кларка хрома, наибольшее – у завода Литекс – 93,6 мг/кг; в Ярославле и Тутаеве хром не превышает средних концентраций в земной коре.

Почвы, загрязненные *медью*, чаще отмечены вблизи заводских территорий во всех городах; менее значительно, но с превышением границ нормы – в парках и вдоль дорог. Загрязнение никелем отмечено только на трех участках, но оно весьма значительно, так как в 1,5–5 раз превышает ОДК для слабнокислых суглинков: фабрика Русьмебель, НПО Сатурн и Дмитровский парк.

Таким образом, анализ содержания наиболее опасных тяжелых металлов и металлоидов показал, что верхние горизонты почв различных ЭГЛ городов Ярославской области, включая и зоны рекреации, могут быть насыщены загрязнителями с существенным превышением нормативов. Поэтому ранжировать городские ландшафты по степени загрязнения проблематично: каждый из типов ЭГЛ, особенно в больших и крупных городах, может оказаться загрязненным одним или несколькими тяжелыми металлами.

Тутаев, как пример малого города, промышленные предприятия которого стали развиваться только в последние 30 лет, не имеет значимого загрязнения металлами и металлоидами, но присутствие полиэлементных загрязнений отмечено для всех типов ландшафтов города, они проявляются и на фоне меньшей интенсивности выпадений.

*Искренне благодарим старшего инженера кафедры географии почв факультета почвоведения МГУ М. Н. Маслова за неоценимую помощь в выполнении анализов почв на содержание тяжелых металлов.*

#### **Библиографический список**

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во Московского университета, 1970. 488 с.
2. ГОСТ 23740-2016. Грунты. Методы определения содержания органических веществ. М. : Изд-во стандартов, 2019. 24 с.
3. Ладонин Д. В. Формы соединений тяжелых металлов в техногенно-загрязненных почвах : дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.13. М., 2016. 383 с.
4. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
5. Ермаков В. В., Тютиков С. Ф., Сафонов В. А. Биогеохимическая индикация микроэлементов / отв. ред. Т. И. Моисеенко. М., 2018. 386 с.
6. Мотузова Г. В., Безуглова О. С. Экологический мониторинг почв. М. : Академический Проект; Гаудеамус, 2007. 237 с.

7. Волкова И. Н., Волошина Е. Д. Химические и биологические свойства парковых почв г. Ярославля // Современные проблемы биологии, экологии, химии и естественно-научного образования : сб. науч. статей. Ярославль : ЯрГУ, 2021. С. 32–36.

8. Водяницкий Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М. : ГНУ Почвенный институт имени В. В. Докучаева РАСХН, 2008. 85 с.

## **ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИЙ ПЛАТИНЫ В ПРИДОРОЖНЫХ ПОЧВАХ г. МЫТИЩИ**

*П. В. Серова, Д. Б. Петренко, Н. Д. Свердлова*

*Государственный университет просвещения, polinavs-95@mail.ru*

Представлены результаты исследования содержания платины в придорожных почвах г. Мытищи. Дана оценка степени загрязнения частицами платины, выделяющимися из автомобильных нейтрализаторов выхлопных газов, придорожных почв города. Отмечено, что значимое загрязнение отсутствует, за исключением одной точки, в которой фоновые содержания платины превышены в 15 раз.

Ключевые слова: платина, экополлютант, тяжёлые металлы, нейтрализатор выхлопных газов, загрязнение почв, придорожные почвы, почвы г. Мытищи.

В природных условиях платина является редким элементом. Однако в последние годы в связи с усилением антропогенной деятельности платина постепенно становится поллютантом окружающей среды. Этот металл активно используется в различных отраслях промышленности, однако основной вклад в загрязнение почв вносит автотранспорт. Мировые объемы потребления платины для производства автомобилей составляют более 100 т/год и они увеличиваются ежегодно вслед за развитием автопрома [1].

В автомобилях платина находится в специальном устройстве – нейтрализаторе токсичных выхлопных газов, образующихся от сжигания топлива. Там она служит катализатором в реакциях их преобразования до безопасных соединений. Однако вместе с нейтрелизованными газами в атмосферу поступает и некоторое количество платины в виде аэрозольных металлических наночастиц, сорбированных на твердой фракции выбросов – саже. В среднем один автомобиль выпускает в атмосферу около 0,065–0,180 мкг платины на 1 км пробега [2].

Переносимые ветром частицы попадают на поверхность почв и растений, в водные резервуары, смешиваются с уличной пылью. Из-за низкой миграционной активности платина накапливается в природных объектах и со временем, частично переходя в растворимые соединения, способна влиять на равновесие в геохимических системах [1].

Кроме того, частицы этого металла попадают в дыхательные и пищеварительные пути животных и человека. Несмотря на низкую реакционную

способность, частицы платины способны переходить в биодоступную форму в окислительно-восстановительных средах живых организмов: в ЖКТ человека преобразуются в усваиваемую форму около 17% таких частиц, а в лёгких – более 36% [3].

Платина накапливается в различных органах человеческого организма, особенно в печени, почках и селезёнке. Гипераккумуляция платины в тканях может вызвать платиноз – хроническое системное заболевание аллергической природы, которое проявляется комплексом различных симптомов: от астмы, бронхита, экземы и конъюнктивита, до вегетососудистых и нейроэндокринных нарушений [1]. Причина развития патологии – увеличение сенсibilизации организма к платине как чужеродному элементу, вызывающее повышенный иммунный ответ. Кроме того, существуют крайне токсичные для клеток соединения платины, применяемые в связи с этим для лечения онкологических заболеваний [1].

Наибольшее загрязнение платиной испытывают крупные города с развитой транспортной инфраструктурой. Одним из ярких представителей является город Мытищи Московской области. Здесь наблюдается оживлённое автомобильное движение, так как через город проходит несколько крупных шоссе (Ярославское, Волковское, Осташковское и др.), он граничит с крупнейшей магистралью региона – МКАДом, а развитая сеть внутригородских дорог сочетается с большим числом активных автомобилистов и наличием ряда точек с регулярным затруднением автодвижения.

Для оценки загрязнения платиной территории г. Мытищи объектом исследования выбраны городские придорожные почвы, так как они аккумулируют наибольшее количество автомобильных выбросов платины. В соответствии со стандартными методиками были отобраны пробы почв в 13 точках, которые расположены рядом с автодорогами с различной интенсивностью движения. Также в каждой точке оценивалась интенсивность и степень затруднения движения на дороге по соответствующим методикам [4].

Определение содержания платины в пробах проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией. Пробоподготовка осуществлялась по методике, включающей кислотное высокотемпературное разложение в автоклавах и сплавление со щелочами для растворения пробы, извлечение платины из раствора соосаждением с селеном, а также последующую обработку бромистоводородной кислотой с бромом для получения чистого раствора платины, пригодного для анализа [5].

Результаты определения содержания платины в пробах почв г. Мытищи, а также результаты оценки интенсивности и степени затруднения автомобильного движения в точках пробоотбора представлены в таблице.

## Содержание платины в придорожных почвах г. Мытищи

№ точки	Местонахождение	Интенсивность движения, авто/ч	Затруднения движения на дороге	Содержание Pt, г/т
1	Олимпийский пр., 10	3780	+++	< 0,01
2	Ул. Троицкая, 5	304	–	< 0,01
3	Ул. Мира, 51	3224	+++	7,05
4	Ул. Мира, 42с1	3456	+++	0,01
5	Ул. Трудовая 33А (рядом МКАД без шумозащитного экрана)	10448	++	< 0,01
6	Ул. Трудовая 33А (рядом МКАД с шумозащитным экраном)	10448	++	< 0,01
7	Ул. Сосновая, 2	4	–	< 0,01
8	Ул. Колонцова, 20 (рядом с Ярославским шоссе)	10704	++	0,03
9	Ул. Чапаева, 15 (рядом с Ярославским шоссе)	10836	+	0,03
10	Ул. Лермонтова, 8	28	–	< 0,01
11	Ул. Терешковой, 5	252	–	0,15
12	Ул. Мира, 2А	1316	+	< 0,01
13	Ул. Колпакова, 77 (рядом с Волковским шоссе)	2348	+	< 0,01

Согласно полученным данным содержание платины выше предела обнаружения (0,01 г/т) было выявлено в пяти точках (№ 3, 4, 8, 9, 11). При этом концентрации платины, превышающие фоновые значения в почвах, обнаружены только в одной точке (точка №3). Это указывает на отсутствие значимого загрязнения платиной придорожных почв города Мытищи, несмотря на высокую загруженность дорог и систематические затруднения движения в некоторых точках.

В точке № 3 содержание платины существенно превышает фоновое значение и приближается к рудным концентрациям. Вероятно, это связано с существенными систематическими затруднениями движения на выезде из города. В «пробке» двигатель авто выделяет значительно больше выхлопов из-за изменения окислительно-восстановительных условий. Без движения автомобиля они не успевают рассеяться в атмосфере и оседают на близлежащие почвы. Однако полученный результат требует дальнейшего изучения.

Данные также указывают на то, что интенсивность и степень затруднения движения на дорогах не оказывают устойчивого влияния на содержание платины в почвах, поскольку концентрации ниже и выше предела обнаруже-

ния встречаются в точках, как с низкими, так и с высокими показателями этих факторов.

Выявить влияние шумозащитных экранов автотрасс на распространение платины аэрозольных автомобильных выбросов не удалось, поскольку в обеих точках пробоотбора, предназначенных для данной оценки (№5 и №6), концентрации платины оказались ниже предела обнаружения

#### **Библиографический список**

1. Янин Е. П. Платиновые металлы в окружающей среде (распространенность, источники, техногенное загрязнение, рециклинг) // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2008. № 5. С. 2–94.
2. Ладонин Д. В. Элементы платиновой группы в почвах и уличной пыли юго-восточного административного округа г. Москва // Почвоведение. 2018. № 3. С. 274–283.
3. Петренко Д. Б. Элементы группы платины в окружающей среде и их экологическая опасность // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2011. № 5. С. 49–53.
4. Фомина Н. В. Методы экологических исследований: методические указания по учебной практике. Красноярск : КрасГАУ, 2016. 77 с.
5. Определение платины в природных объектах методом вольтамперометрии после автоклавного разложения и соосаждения с селеном / Ю. Ю. Атаманова, П. В. Серова, Н. Д. Свердлова, Д. Б. Петренко // Актуальные проблемы биологической и химической экологии : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. М. : Московский государственный областной университет, 2021. С. 313–318.

### **ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВОГРУНТА ПОСЛЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

*Е. Н. Волкова*

*Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленной технологии и дизайна, ele-ven@yandex.ru  
Агрофизический научно-исследовательский институт*

В статье рассматриваются результаты анализа загрязненного почвогрунта, находящегося на территории бывшего полигона твердых коммунальных отходов. Образцы отбирали послойно до глубины 3 м. Результаты показали отсутствие превышения ПДК (ОДК) по всем загрязняющим веществам: нефтепродуктам, бензапирену, тяжелым металлам и др. Категория загрязнения почвы – допустимая.

Ключевые слова: полигон твердых коммунальных отходов, загрязненный почвогрунт, тяжелые металлы

Основным способом утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО) в РФ продолжает оставаться захоронение их на полигонах. Полигоны ТКО могут оказывать различное негативное влияние на экосистемы, загрязняя атмосферный воздух, грунтовые воды, почву [1]. После прекращения деятель-

ности полигона это воздействие может продолжаться несколько лет и возникает вопрос о выборе методов его рекультивации. Цель нашего исследования – оценить уровень загрязнения почвогрунта тела полигона ТКО как возможного риска для окружающей среды.

Объектом исследования являлся полигон ТКО, расположенный в городском округе г. Серпухов Московской области. Полигон эксплуатировался 40 лет. В период его эксплуатации объем захороненных отходов составил 451473 м<sup>3</sup>/361178,4 т (8399,5 т/год,  $\rho=0,8$  т/м<sup>3</sup>). Масса завозимых отходов в период эксплуатации равнялась 8399,5 т/год. Общая площадь объекта составляет 61698 м<sup>2</sup>. В настоящее время несколько лет полигон закрыт на прием отходов и представляет собой насыпь, частично заросшую сорной растительностью.

Участок полигона расположен вне водоохранной, береговой и прибрежной защитных полос водных объектов. Расстояние от полигона ТКО до ближайших нормируемых объектов составляет 180 м. Территория вокруг полигона преимущественно занята лесными массивами. С юго-восточной стороны находится шлакоотвал. С юго-западной стороны располагается садовое товарищество. На близлежащих к полигону территориях отсутствуют особо охраняемые природные территории и пояса санитарной защиты источников питьевого водоснабжения.

Основную массу поступающих отходов составляли бытовые (до 90%), остальные 10% являются промышленными отходами, разрешенными для захоронения совместно с бытовыми.

В таблице 1 приведен усредненный морфологический состав отходов. Показано, что в составе отходов, ранее складированных на полигоне, преобладали полимеры, а также большую долю занимали песок и камни.

*Таблица 1*

**Морфологический состав отходов**

Компонент	Весовое содержание, %
Пищевые	1,08
Текстиль	5,51
Бумага, картон	2,30
Древесина	9,00
Полимеры	16,00
Металл	8,30
Стекло	9,71
Песок, камни	16,76
Влажность	31,35
Содержание органической составляющей в отходах	R = 33,9%
Содержание жироподобных веществ в органике отходов	Ж = 0,7%
Содержание углеводородных веществ в органике отходов	У = 9,8%
Содержание белковых веществ в органике отходов	Б = 0,5%



Для оценки влияния полигона на окружающую среду в 2020 году был проведен ряд исследований и лабораторных испытаний: отбор образцов грунта ненарушенной и нарушенной структуры, комплекс лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов.

Методы исследования: валовые концентрации тяжелых металлов, мышьяка определяли рентгено-флуоресцентным методом, бензапирен, нефтепродукты — методом жидкостной хроматографии с использованием анализатора жидкости «Флюорат-2»,  $pH_{KCl}$  по ГОСТу 26483-85. Образцы суглинистой почвы отбирали послойно с глубин 0,0–0,2 м, 0,2–1,0 м, 1,0–2,0 м, 2,0–3,0 м.

Ни по одному из показателей не было превышения предельно допустимых концентраций (табл. 2). Значения  $pH_{KCl}$  соответствовали нейтрально-слабощелочной реакции и составляли от 6,5 до 7,6 ед. pH, в среднем  $6,9 \pm 0,33$ . С глубиной отбора образцов  $pH_{KCl}$  снижалась. Известно, что большинство тяжелых металлов переходят из валовых в подвижные формы при кислой реакции среды, следовательно, можно предположить некоторое увеличение их миграционной способности с глубиной. Однако в данном исследовании подвижные формы металлов не определяли.

Таблица 2

**Содержание загрязняющих веществ (в среднем по профилям), мг/кг**

Показатель	min	max	среднее	ПДК <sup>1</sup> (ОДК) <sup>2</sup>
Нефтепродукты	176,3	268,9	216,4±29,3	–
Бензапирены	0,01	0,017	0,014 ±0,003	0,02 <sup>1</sup>
Свинец	58,5	93,1	73,8±9,9	130,0 <sup>2</sup>
Медь	41,9	70,6	55,9±8,2	132,0 <sup>2</sup>
Цинк	104,3	158,3	134,4±16,1	220,0 <sup>2</sup>
Никель	35,2	52,8	44,9±5,2	80,0 <sup>2</sup>
Кобальт	2,2	4,2	3,2±0,51	5,0 <sup>1</sup>
Марганец	365	678	498±83,2	1500,0 <sup>1</sup>
Хром	3,76	5,18	4,52±0,46	6,0 <sup>1</sup>
Кадмий	0,21	0,57	0,37±0,11	2,0 <sup>2</sup>
Ртуть	0,04	0,18	0,094±0,037	2,1 <sup>1</sup>
Мышьяк	3,38	6,26	4,29±0,67	10,0 <sup>2</sup>

Закономерности в изменении концентраций нефтепродуктов и бензапирена с глубиной не выявлены.

Оценка уровня химического загрязнения почв и грунтов как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и гигиенических исследованиях окружающей среды с действующими источниками загрязнения. Такими показателями интенсивности загрязнения, отражающими уровень и структуру загрязнения, являются коэффициент концентрации химического элемента ( $K_{ci}$ ) и суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) [2].

В качестве фоновых значений концентраций химических веществ (тяжелые металлы и нефтепродукты) использованы фоновые значения для почв (грунтов) Москвы и Московской области, разработанные Научно-

исследовательским и проектно-изыскательским институтом экологии города для почв (Москва-2001) по данным многолетних исследований. Фоновые концентрации химических веществ в почвах не превышают ПДК и (с учетом гранулометрического состава и кислотности почв) ОДК (СанПиН 1.2.3685-21). Расчеты показали, что  $Z_c$  для изучаемых проб почвы составлял от 5,34 до 8,93, что соответствует категории загрязнения «допустимая». Индекс токсичности меньше 20, что говорит о безвредности грунта для человека, млекопитающих и птиц.

#### **Библиографический список**

1. Каненкин Е. И., Бегунова Л. А., Уланова О. В. Качественные и количественные характеристики почв и свалочного грунта полигона твердых коммунальных отходов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2022. Т. 24, № 5(109). С. 44–50. doi: 10.37313/1990-5378-2022-24-5-44-50
2. Методические указания. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: МУ 2.1.7.730-99 (разработаны НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды имени А. Н. Сысина ВAMH, ИМПИТМ имени Е. И. Марциновского МЗ РФ, ООО «РАДОН», ВНИИ природы) – [Электронный ресурс. Электронный фонд правовой и нормативно-технических документов]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003852> (дата обращения: 01.03.2023).

### **ВЛИЯНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ МЕЛИОРАНТОВ НА ПОДВИЖНОСТЬ ЦИНКА В ПОЧВАХ**

*Н. В. Сырчина<sup>1</sup>, Л. В. Пилип<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Вятский государственный университет, [nvms1956@mail.ru](mailto:nvms1956@mail.ru)*

*<sup>2</sup> Вятский государственный агротехнологический университет,  
[pilip\\_larisa@mail.ru](mailto:pilip_larisa@mail.ru)*

В условиях лабораторного эксперимента изучено влияние известняка и глауконитсодержащих хвостов обогащения фосфоритов на подвижность Zn в различных по свойствам почвах. Установлено, что в течение первых двух недель после внесения мелиорантов подвижность Zn увеличивается, затем начинает снижаться. Наиболее существенное снижение концентрации мобильного Zn наблюдается в бедных органическим веществом кислых почвах на фоне внесения известняка.

Ключевые слова: цинк, почвы, хвосты обогащения фосфоритов, глауконит, известняк, подвижность цинка.

Цинк входит в число важнейших микроэлементов, жизненно необходимых для нормального функционирования живых организмов [1]. Основным источником этого элемента для растений является почва. Как избыток, так и недостаток биодоступных (подвижных) форм Zn приводит к снижению урожайности и ухудшению качества растениеводческой продукции. Для Zn ха-

рактарно высокое биологическое накопление, благодаря чему он активно аккумуляруется в пахотном горизонте почвы [2]. На подвижность (мобильность) этого элемента большое влияние оказывают рН, содержание органического вещества и карбонатов. Изменение соответствующих параметров приводит к повышению или снижению биодоступности микроэлемента [3, 4].

Основными органическими удобрениями, производимыми животноводческими комплексами, являются навоз животных и навозные стоки [5, 6]. Физико-химические свойства агроземов при их использовании изменяются, в том числе миграционная способность тяжелых металлов, что может привести к загрязнению окружающей среды [7, 8].

Цель настоящей работы состояла в изучении влияния натуральных мелиорантов на подвижность Zn в различных почвах.

В качестве мелиорантов использовали известняк и глауконитсодержащие хвосты обогащения фосфоритов Вятско-Камского месторождения (ХОФ). Возможность и перспективность использования ХОФ для улучшения плодородия почв показана в [9, 10]. В состав ХОФ входят глаукониты (до 70%), кварц, глинистые и известковые материалы, фосфориты мелких фракций. Внесение соответствующего мелиоранта приводит к улучшению структуры почвы, обогащению ее фосфором, калием и микроэлементами, а также снижению кислотности, активации жизнедеятельности азотфиксирующих микроорганизмов и, соответственно, накоплению доступных для растений форм азота [11, 12]. Входящий в состав ХОФ глауконит, обладает выраженными сорбционными и ионообменными свойствами, способствующими иммобилизации тяжелых металлов, к числу которых относится Zn [13, 14]. Содержание глауконита в образцах ХОФ, используемых в качестве мелиоранта в настоящей работе, составляло  $63 \pm 2\%$ ;  $P_2O_5 - 5,6 \pm 0,3\%$ ;  $K_2O - 2,9 \pm 0,2\%$ ;  $Zn - 110 \pm 11$  мг/кг.

Известняк вносили в почву в виде известняковой муки, соответствующей ГОСТ 14050-93 «Мука известняковая (доломитовая)».

Образцы почвы для проведения исследований отбирали с глубины 20 см на пашне, удобряемой навозными стоками животноводческих предприятий (опыт 1 и опыт 2) и на участках, не затронутых хозяйственной деятельностью (контроль 1 и контроль 2). Для территории, на которой отбирали образцы, характерны кислые дерново-подзолистые почвы. Основные характеристики почв приведены в таблице 1.

Мелиорирующие добавки ( $CaCO_3$  и ХОФ) вносили в воздушно-сухую почву в количестве 1 г/кг, перемешивали и добавляли деионизированную воду до влажности 60%. Время внесения добавок считали началом эксперимента. В течение эксперимента емкости с почвой выдерживали при температуре  $22 \pm 2$  °С в условиях естественного освещения. Отбор проб для химического анализа проводили через 1, 2 и 8 недель после внесения добавок.

Эксперимент проводили в трех повторностях. Статистическую обработку результатов выполняли в программе Microsoft Excel по общепринятым методикам.

Таблица 1

## Свойства почвы

Показатели	Значения				Метод анализа
	опыт 1	контроль 1	опыт 2	контроль 2	
pH <sub>KCl</sub> , ед. pH	7,7±0,1	4,3±0,2	5,3±0,2	4,3±0,1	Ионометрический по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85)
Органическое вещество, %	6,6±1,3	2,5±0,5	4,5±0,9	2,3±0,5	Метод Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91)
Фосфор подвижный (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/кг	847±110	210±31	489±83	186±38	Фотометрический по ГОСТ Р 54650-2011
Калий подвижный (K <sub>2</sub> O), мг/кг	340±54	126±18	330±72	136±22	
Цинк (Zn) подвижный, мг/кг	4,4±1,8	5,3±1,8	8,5±2,8	4,8±1,7	Атомно-абсорбционный
Цинк (Zn) валовый, мг/кг	52,5±7,4	37,4±12,4	48,5±12,5	35,5±10,1	
Механический состав почвы	суглинистые				Мокрый метод (метод скатывания) по Н. А. Качинскому

В таблице 2 приведены данные, характеризующие динамику изменения подвижности Zn в почвах.

Таблица 2

## Динамика содержания подвижного Zn (мг/кг) в почве с добавками мелиорантов

Образцы почвы	Мелиорант					
	хвосты обогащения фосфоритов			известняковая мука		
	1 неделя	2 недели	8 недель	1 неделя	2 недели	8 недель
опыт 1	6,6±2,2	18,2±6,0	9,3±3,0	3,3±1,1	23,3±6,1	9,4±3,1
контроль 1	9,3±3,1	18,6±6,1	4,5±1,5	6,3±2,0	13,8±4,6	4,6±1,3
опыт 2	11,6±3,8	20,6±6,8	16,3±5,4	11,4±3,8	20,3±6,7	15,4±5,0
контроль 2	3,7±1,2	15,5±5,0	2,7±0,9	12,7±4,2	10,7±3,5	2,3±0,7

Согласно приведенным в таблице 2 данным, внесение мелиорантов привело к изменению подвижности Zn во всех образцах почвы. Через 2 недели после начала эксперимента содержание подвижных форм Zn увеличилось. Кислотность (pH<sub>KCl</sub>) почвы при этом изменилась незначительно. Следует отметить, что повышение подвижности Zn при внесении в почву извести наблюдалось и в [15]. Увеличение подвижности Zn под влиянием добавок можно объяснить эффектом депротонирования фульвокислот за счет щелочных компонентов, входящих в состав мелиорантов, благодаря чему возрастает устойчивость растворимых фульватных комплексов и Zn переходит в раствор.

К концу эксперимента подвижность Zn снизилась. Наиболее отчетливо этот эффект проявился в образцах почвы с низким содержанием органическо-

го вещества (контроль 1, контроль 2). В богатых органическим веществом образцах (опыт 1, опыт 2) содержание подвижного Zn оставалось на высоком уровне, что косвенно подтверждает предположение об активном участии органического вещества в процессах мобилизации этого элемента.

Полученные в ходе эксперимента результаты свидетельствуют о существенном влиянии известняка и ХОФ на подвижность Zn. Эффект от внесения мелиорантов развивается во времени. В первые 2 недели после внесения мелиорантов подвижность Zn увеличивается, затем начинает снижаться. Наиболее существенное снижение подвижности Zn наблюдается в кислых, бедных органическим веществом почвах. Внесение известковых мелиорантов в удобряемые навозом почвы может привести к переходу Zn в растворимую форму и повышению миграционной способности этого элемента, что сопряжено с риском загрязнения окружающей среды.

### Библиографический список

1. Ермолина С. А., Пилип Л. В. Биологическая химия. Киров : Вятская ГСХА, 2012. 164 с.
2. Фоновое содержание тяжелых металлов и мышьяка в пахотных почвах Северо-Запада России (по материалам международного геохимического атласа) / Я. Н. Матинян, К. Рейманн, К. А. Бахматова, А. В. Русаков // *Biological Communications*. 2007. № 3. С. 123–134.
3. Воропаев В. Н., Пашкова О. М. Цинк в почвах и растениеводческой продукции стационарного опыта // *Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА*. 2009. № 2. С. 31–36.
4. Маркина Е. О., Григорьев В. В., Сырчина Н. В. Влияние различных добавок на подвижность тяжелых металлов в почвах // *Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием в 2 кн. Кн. 2*. Киров : Изд-во Радуга-ПРЕСС, 2016. С. 87–90.
5. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Экологическая проблема отрасли свиноводства // *Аграрная наука – сельскому хозяйству : материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф.* Киров, 2019. С. 193–196.
6. Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Промышленные свинокомплексы как источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами // *Известия Коми научного центра УрО РАН*. 2021. № 5 (51). С. 88–91.
7. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Химическая деградация земель под воздействием отходов животноводства // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 3. С. 219–225. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-219-225
8. Биологическое загрязнение пахотных земель отходами свиноводства / Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, Е. П. Колеватых, Т. Я. Ашихмина, А. В. Сазанов // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 3. С. 199–205. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-199-205
9. Перспективы использования хвостов обогащения фосфоритов в качестве удобрений для органического земледелия / Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Богатырева, Г. Я. Кантор // *Теоретическая и прикладная экология*. 2020. № 1. С. 160–166. doi 10.25750/1995-4301-2020-1-160-166
10. Оптимизация состава удобрений на основе молотых фосфоритов / Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Богатырёва, Г. Я. Кантор // *Бутлеровские сообщения*. 2019. Т. 60. № 12. С. 133–139.

11. Глаукониты Вятско-Камского фосфоритоносного бассейна / Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Богатырева, Г. Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 2. С. 117–122. doi 10.25750/1995-4301-2020-2-117-122

12. Кондакова Л. В., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Влияние хвостов обогащения фосфоритов, используемых в качестве удобрения, на почвенные альгоцианобактериальные сообщества // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 174–180. doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-174-180

13. Влияние глауконитсодержащих хвостов обогащения фосфоритов на подвижность свинца в почвах / Н. В. Сырчина, Л. В. Пилип, Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор // Поволжский экологический журнал. 2022. № 3. С. 350–360. doi: 10.35885/1684-7318-2022-3-350-360

14. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Трансформация химических свойств агроземов под влиянием отходов животноводства // XII Ломоносовские чтения : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Дню таджикской науки и 30-летию установления дипломатических отношений между Республикой Таджикистан и Российской Федерацией. Филиал Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в городе Душанбе. Душанбе, 2022. С. 354–358.

15. Hale B., Evans L., Lambert R. Effects of cement or lime on Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Sb and Zn mobility in field-contaminated and aged soils // Journal of hazardous materials. 2012. Vol. 199. P. 119–127. doi: 10.1016/j.jhazmat.2011.10.065

## **ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДОВ САМАРА И УЛЬЯНОВСК**

*И. С. Швецов, Д. В. Воробьёва, Н. В. Прохорова*  
*Самарский национальный исследовательский университет*  
*имени академика С. П. Королёва, natali.prokhorova.55@mail.ru*

В статье представлены результаты исследования эколого-геохимических особенностей почвенного покрова городов Ульяновска и Самары, оцениваемых по валовому содержанию Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb. Выявлен допустимый уровень загрязнения их почв тяжелыми металлами.

Ключевые слова: городские почвы, почвенный покров, фоновые территории, химические элементы, тяжелые металлы.

Возрастающее антропогенное влияние на окружающую среду определяет значимое техногенное нарушение биогеохимических циклов химических элементов в естественных и техногенно трансформированных экосистемах [1]. Многочисленными исследованиями показано, что в последние десятилетия скорость геохимических изменений в биосфере стала чрезвычайно быстрой. При этом катастрофический уровень подобных изменений затрагивает не всю биосферу, а лишь некоторые геохимические системы в ней, среди которых важнейшими для человечества являются территории поселений разного ранга, особенно крупные промышленные города [2, 3].

Города Самара и Ульяновск являются крупными промышленными центрами Российской Федерации. Оба города имеют выгодное экономико-географическое положение, располагаясь в Приволжском федеральном округе на пересечении важных транспортных путей. Город Ульяновск – это административный центр Ульяновской области, а город Самара – Самарской области. На 2022 год численность населения города Ульяновска составляла 644668 человек, города Самары – 1173393 человека. Оба города имеют развитый промышленный потенциал, основу которого составляют металлообработка, машиностроение, авиационно-космическая отрасль, нефтехимическая промышленность, производство строительных материалов, многофункциональная транспортная система и др. В этой связи, наряду с естественными источниками поступления химических элементов в природные среды, на территории этих городов сосредоточены многочисленные техногенные источники. Современные процессы активизации работы промышленного производства и транспорта объясняют необходимость осуществления эколого-геохимического мониторинга в городах Ульяновске и Самаре.

Цель работы: сравнительный анализ геохимического состояния почв городов, оценка сходства и различия между фоновыми территориями в Самарской и Ульяновской областях.

Исследования осуществлялись в 2021–2022 гг. на территории городов Ульяновска и Самары, в каждом из которых были выделены основные функциональные зоны: жилая, рекреационная (парк), придорожная и промышленная. Кроме того, для каждого города была выбрана фоновая территория на достаточном удалении от городской черты. Во всех функциональных зонах по общепринятым в почвоведении и биогеохимии методикам были отобраны средние образцы почвы из слоя 0-10 см в 3-кратной повторности. Количественное определение валового содержания изучаемых элементов (Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb) в почвенных образцах проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа.

В таблице представлены средние значения содержания указанных элементов в почвах городов Самара и Ульяновск, а также фоновых территорий.

*Таблица*

**Средние показатели содержания элементов в почвах городов Ульяновск и Самара в сравнении с фоном, мг/кг воздушно сухой почвы**

Элемент	Ульяновск		Самара	
	фон	город	фон	город
1	2	3	4	5
Mg	9648,00	11534,08	7236,00	16331,25
Al	56458,67	30347,00	35649,67	38109,58
Si	274363,67	276467,10	235881,00	232180,80
K	17434,00	11540,00	15248,33	11871,75
Ca	21131,00	35820,08	21264,67	64525,50
Ti	4967,00	2933,00	4300,00	4033,33
V	89,67	53,58	59,00	70,58
Cr	105,33	74,25	108,33	99,50

1	2	3	4	5
Mn	588,62	329,81	745,33	627,22
Fe	35836,33	19029,42	22264,33	25656,42
Co	20,67	16,92	7,67	20,58
Ni	57,67	30,50	46,00	46,58
Cu	26,67	22,92	42,33	36,25
Zn	96,33	86,42	161,00	112,08
As	7,33	1,00	6,33	5,58
Sr	205,00	115,25	138,67	146,42
Pb	19,33	27,92	29,00	23,83

Сравнение средних показателей содержания изучаемых элементов в почвенном покрове городов Ульяновска и Самары с фоновыми территориями показало, что в городе Ульяновске почвенный покров в большей степени накапливает только Mg, Ca, Pb, соответствует фоновому значению концентрация Si. Для остальных элементов более высокие концентрации выявлены в почвах фоновой территории. Наиболее значимые различия концентраций изучаемых элементов между фоновыми и городскими территориями характерны для Al, Ti, K, V, Cr, Fe, Ni, As, Sr.

В почвах города Самары превышены фоновые концентрации Mg, Al, Ca, V, Fe, Co, Sr, равны фону концентрации Si и Ni. В почвах фоновой территории значимо больше содержится K, Zn, Pb, в почвах города – Mg, Ca, V, Co. Различия концентраций Al, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, As, Sr в фоновых и городских почвах незначительны и недостоверны.

Сравнительный анализ выявил заметные различия в накоплении элементов почвами городов. В г. Самаре достоверно выше концентрации большинства изучаемых элементов (Mg, Al, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Sr). В почвах города Ульяновска в сравнении с Самарой в большей степени накапливается только Si и Pb.

Определенный интерес представляет сравнение эколого-геохимических особенностей почв фоновых территорий в Самарской и Ульяновской областях, заложенных на достаточном удалении от зон влияния промышленных городов. Для обеих фоновых зон очень сходными оказались концентрации Ca, Cr и As. В фоновых почвах Ульяновской области по сравнению с Самарской областью в большей степени накапливались Mg, Al, Si, K, Ti, V, Fe, Co, Ni, Sr. В фоновых почвах Самарской области достоверно выше содержание Mn, Cu, Zn, Pb.

Расчет показателей загрязнения почв тяжелыми металлами (V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb) выявил допустимый и весьма низкий уровень техногенного загрязнения почвенного покрова как в Ульяновске, так и в Самаре. Более высокий уровень содержания большинства изучаемых элементов в почвенном покрове города Самары (Mg, Al, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Sr) объясняется особенностями комплекса природных и



техногенных факторов в каждом городе, а также существенным различием (почти в 2 раза) в численности населения этих городов.

#### **Библиографический список**

1. Кузьмин С. Б. Опасные геоморфологические процессы и риск природопользования. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2009. 195 с.
2. Алексеенко В. А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов : монография. Ростов н/Д : Изд-во Южного федерального университета, 2013. 380 с.
3. Мотузова Г. В., Карпова Е. А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М. : Изд-во Московского университета, 2013. 304 с.

### **ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ПОДСТИЛКАХ БЕРЕЗОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ОСОБОЙ ОХРАНЫ**

*А. Б. Александрова, В. И. Кулагина, В. В. Маланин, А. А. Марасов*  
*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, adabl@mail.ru*

В статье приводятся количественные данные запаса углерода в подстилках березовых фитоценозов Раифского участка Волжско-Камского заповедника. Установлено различие в структуре компонентов подстилки разновозрастных березовых фитоценозов. Запасы углерода подстилки березовых фитоценозов находятся в границах диапазона, установленного для южно-таежных лесных биогеоценозов России.

Ключевые слова: биогеоценозы; березовые фитоценозы; запасы углерода, лесная подстилка, Волжско-Камский биосферный заповедник.

Изучение запасов углерода в компонентах лесных биогеоценозов вызывает интерес в связи с глобальными и национальными проектами по ограничению эмиссии парниковых газов и декарбонизации ключевых отраслей экономики [1].

В Республике Татарстан в структуре лесного фонда доминирующее положение в площадном распределении групп древесных пород занимают мягколиственные породы и составляют 60,8% от общей площади. Среди лесов по преобладающим породам береза занимает третье место, площади которой составляют 205,1 тыс. га (17,8%) [2]. Изучение компонентов биогеоценозов, в частности, запасов С подстилок проводилось в регионе в основном в лесных экосистемах, подверженных антропогенному влиянию [3–5], тогда как исследований запасов углерода подстилок в условиях особо охраняемых природных территорий региона практически не проводилось.

Подстилка представляет собой напочвенный слой, образующийся в лесу из растительного опада разной степени разложения, и является важнейшим звеном биологического круговорота углерода и элементов питания растений. Потепление климата может ускорить процесс минерализации подстилок, что

обусловит увеличение эмиссии  $\text{CO}_2$  в атмосферу, поэтому актуальным является изучение запасов углерода подстилок, формирующихся при минимальной антропогенной нагрузке в условиях особо охраняемых природных территорий. Цель работы – изучить запасы углерода в подстилках разновозрастных березовых фитоценозов Раифского участка Волжско-Камского природного биосферного заповедника.

Волжско-Камский природный биосферный заповедник основан 13 апреля 1960 г. Статус биосферного получил в 2005 году. Территория заповедника делится на два участка – Раифский и Саралинский. Исследование проводилось в Раифском участке заповедника. Это лесной биогеоценоз, расположенный вблизи южной границы зоны лесов умеренного пояса среднего Поволжья. В Раифском участке заповедника произрастают хвойные и лиственные фитоценозы. В структуре лиственных формаций заповедника представлены биогеоценозы с березой, осиной и ольхой [6]. В структуре почвенного покрова заповедника преобладают дерново-подзолистые почвы [7, 8].

Отбор проб лесной подстилки проводился рамочным способом в 12-ти кратной повторности в подкроновой и межкроновой зонах березняков. Были исследованы березняки разнотравный средневозрастной и осоковый перестойный. Расчет запаса углерода в пуле подстилки проводили путем умножения абсолютно сухого веса на коэффициент 0,4 (среднее содержание углерода в подстилке) [9].

Статистическая обработка данных выполнялась с использованием программы Statistica 8.0. Для выявления различий выборок использовали критерий Манна-Уитни (M-W U-тест) для непараметрических выборок. Оценку численных характеристик проводили по среднему значению.

Результаты исследований показали, что в зависимости от возраста березняков структура компонентов подстилки меняется (рис. 1, 2). Преобладающим компонентом подстилки являются неразложившиеся листья, доля которых составляет половину массы подстилки. По мере перехода средневозрастных березняков в перестойные в компонентах подстилки появляется кора. Кроме того, в перестойном березовом фитоценозе в структуре подстилки масса веток увеличивается на 27% по сравнению со средневозрастным березняком (рис. 1, 2).

Запасы углерода подстилки в березняках варьируют: в средневозрастном от 2,4 до 6,1 т/га, в перестойном от 1,7 до 9,6 т/га. Следует отметить, что коэффициент вариации (CV) запасов подстилки в средневозрастных березняках не превышает 30%, что говорит об однотипном накоплении подстилки, обусловленном определенным соотношением компонентов опада. В перестойном березняке вариабельность выше (CV 38,8%), что объясняется изменением соотношения компонентов в структуре подстилки. Существенных различий в накоплении запасов углерода подстилки березняков в зависимости от их возраста установлено не было, что подтверждено нами статистически ( $p < 0,05$ ). Средние запасы подстилки составляют в березняке средневозрастном  $4,0 \pm 0,3$  т/га, в березняке перестойном  $4,4 \pm 0,3$  т/га.

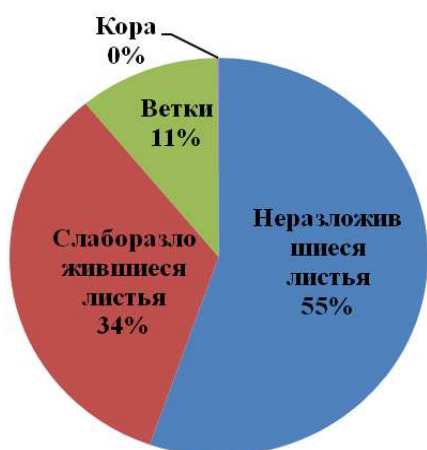


Рис. 1. Соотношение компонентов подстилки в средневозрастном березовом фитоценозе

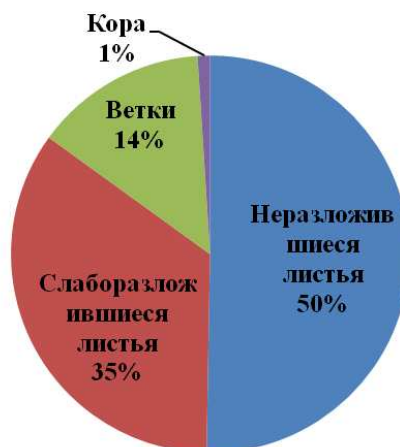


Рис. 2. Соотношение компонентов подстилки в перестойном березовом фитоценозе

Таким образом, средние запасы углерода подстилки, как в средневозрастных, так и в перестойных березняках заповедника имеют одностипный характер накопления и находятся в диапазоне численных характеристик, установленных для березняков Республики Татарстан [4, 5] и для южно-таежных лесных фитоценозов РФ [10].

#### Библиографический список

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации о внесении проекта федерального закона «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 20.02.2021. № 1542п-П11.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2021 году [Электронный ресурс]. – URL: <https://eco.tatarstan.ru/gosdoklad.htm> (дата обращения 15.03.2023).
3. Сабиров А. Т., Газизуллин А. Х. Почвенно-экологические условия произрастания еловых и пихтовых фитоценозов Среднего Поволжья. Казань : Изд-во «ДАС», 2001. 207 с.
4. Пуряев А. С. Почвенно-экологические функции защитных лесных насаждений Предволжья Республики Татарстан : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2006. 21 с.
5. Ульданова Р. А. Продуктивность и почвенные условия произрастания лесов правобережья реки Волги Республики Татарстан : автореф дис. ... канд с.-х. наук. Казань, 2017. 24 с.
6. Тайсин А. С. Раифский лес в составе бореальных лесов Евразии. Казань : Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2008. 252 с.
7. Калимуллина С. Н. История изучения почвенного покрова Волжско-Камского заповедника // Труды Волжско-Камского государственного природного заповедника. Казань, 2002. Вып. 5. С. 199–213.
8. Дерново-подзолистые почвы Раифского участка Волжско-Камского заповедника / А. Б. Александрова, Д. В. Иванов, В. В. Маланин, А. А. Марасов, Э. Е. Паймикина // Сборник научных трудов Института проблем экологии и недропользования АН РТ. Казань : Отечество, 2014. С. 198–212.
9. Распоряжение Минприроды России от 30.06.2017 № 20-р (ред. от 20.01.2021) «Об утверждении методических указаний по количественному определению объема поглощения парниковых газов» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mnr.gov.ru/>

//rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-Minprirody-Rossii-ot-30.06.2017-N-20-r/ (дата обращения: 15.03.2023).

10. Честных О. В., Лыжин В. А., Кокшарова А. В. Запасы углерода в подстилках лесов России // Лесоведение. 2007. № 6. С. 114–121.

## **ОЦЕНКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ПОЧВЕ ПАСТБИЩНЫХ ЛУГОВ ПРИ ИХ ЗАРАСТАНИИ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В ГОРАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА**

*Е. С. Павленко<sup>1</sup>, К. В. Иващенко<sup>2</sup>, С. В. Сушко<sup>2,3</sup>, Ю. А. Дворников<sup>2,4</sup>*

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет, *elena.pavlenko.888@mail.ru*

<sup>2</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
*ivashchenko.kv@gmail.com*

<sup>3</sup> Агрофизический научно-исследовательский институт, *rogovaja7@mail.ru*

<sup>4</sup> Аграрно-технологический институт РУДН, *dvornikov-yua@rudn.ru*

Изучено распределение запасов почвенного углерода в слое 0–30 см вдоль лесо-луговых экотонов в горах Северо-Западного Кавказа (Карачаево-Черкесская Республика). Запас органического углерода почвы составил 9,2, 10,9 и 9,1 кг м<sup>-2</sup>, а углерода микробной биомассы — 0,183, 0,187 и 0,190 кг м<sup>-2</sup> для леса, границы леса и луга соответственно, при этом значимых различий между экосистемами не выявлено. Следовательно, смещение границы горно-лесного пояса на пастбищные луга не повлияет на общий пул органического вещества почвы, при этом есть основание полагать, что изменится его качественный состав.

Ключевые слова: выпас, лес, граница леса, почва, органический углерод, микробный углерод.

Почвы высокогорных лугов содержат значительные запасы органического углерода (С), которые по разным оценкам могут достигать от 20 до 365 тС га<sup>-1</sup> [1]. В горных регионах высокопродуктивные субальпийские луга чаще всего используют в качестве пастбищ. Так, отгонно-пастбищное скотоводство является одним из основных направлений сельского хозяйства в некоторых горных регионах России. Например, в Карачаево-Черкесской Республике в структуре землепользования преобладают пастбища и сенокосы [2].

В последнее время исследователи отмечают значительную скорость смещения верхней границы леса на луга в горных ландшафтах [3]. Предполагают, что это связано со снижением интенсивности выпаса и потеплением климата [3, 4]. Смещение верхней границы леса на горные луга в первую очередь приведет к изменению таксономической и функциональной структуры луговых фитоценозов, что, очевидно, повлияет на качество и количество поступающих растительных остатков в почву. При этом, прогнозы, связанные с изменением биохимических процессов, регулирующих запасы С и круговорот

элементов питания в почвах, при смещении границы леса, не так однозначны [5–8], поскольку в их основе лежит сложный механизм взаимодействия растений, почвы и микроорганизмов [6]. Цель нашего исследования – оценить динамику запасов  $C$  почвы вдоль пастбищных горных склонов от верхней границы леса к субальпийскому лугу.

Исследование проводили на трех пастбищных склонах северо-восточной экспозиции (северо-запад Кавказских гор, Карачаево-Черкесская Республика, территория хребта Чапаллы, верховье р. Уруп). В лесу, на границе леса и на лугу были выбраны три точки исследования для каждого горного склона (конец августа – начало сентября 2022 г.). В каждой точке исследования были отобраны образцы почвы из верхнего (0–10 см) и нижнего (10–30 см) слоев почвы, в том числе и для определения их плотности. Проводили описание почвенного профиля, согласно которому почвы диагностировали как буроземы и буроземы темно-гумусовые. Дополнительно оценивали каменистость (%) почвенного профиля. Свежеотобранные образцы были доставлены в лабораторию, просеяны через сито 2 мм и разделены на две части. Первую часть хранили при 4 °С для определения углерода микробной биомассы ( $C_{\text{мик}}$ ). Вторую часть высушивали до воздушно-сухого состояния при 22 °С, просеивали и использовали для химического анализа.

Содержание общего  $C$  и азота ( $N$ ) почвы определяли методом ИК-спектроскопии после ее сжигания в токе кислорода (анализатор Vario EL III, Elementar, Германия). Содержание  $C_{\text{мик}}$  анализировали методом субстрат-индуцированного дыхания [9]. Проводили расчёт запасов  $C$  и  $C_{\text{мик}}$  в почвенных слоях [10] с учетом их каменистости. Рассчитывали долю  $C_{\text{мик}}$  в  $C$  (%) для характеристики доступности органического вещества почвенным микроорганизмам.

Соотношения  $C:N$  в верхнем и нижнем слоях почвы между экосистемами различались незначительно (рис. 1а). Запасы органического  $C$  в верхнем слое составили в среднем 3,9, 4,1 и 3,9 кг м<sup>-2</sup>, в нижнем больше – 5,3, 6,8 и 5,2 кг м<sup>-2</sup> для леса, границы леса и луга соответственно. Наибольшее варьирование запасов  $C$  отмечено в почвах луга (верхний слой) и границы леса (нижний слой), коэффициент вариации составил 34% и 32% соответственно (рис. 1б). Запасы  $C_{\text{мик}}$  в верхнем слое почвы составили в среднем 0,094, 0,108 и 0,112 кг м<sup>-2</sup>, в нижнем – 0,089, 0,079 и 0,078 кг м<sup>-2</sup> для леса, границы леса и луга соответственно. Наибольшее варьирование запасов  $C_{\text{мик}}$  выявлено для почвы леса (верхний слой) и границы леса (нижний слой), коэффициент вариации достигал 41% и 46% соответственно (рис. 1в). В обоих почвенных слоях значимых различий запасов  $C$  и  $C_{\text{мик}}$  для изученных экосистем не обнаружено ( $p > 0,05$ , ANOVA). Отмечена тенденция постепенного увеличения доли  $C_{\text{мик}}$  в  $C$  (в среднем на 0,40%) в верхнем слое почвы от лесов к лугам, для ее нижнего слоя такой закономерности распределения этого показателя не обнаружено (рис. 1г).

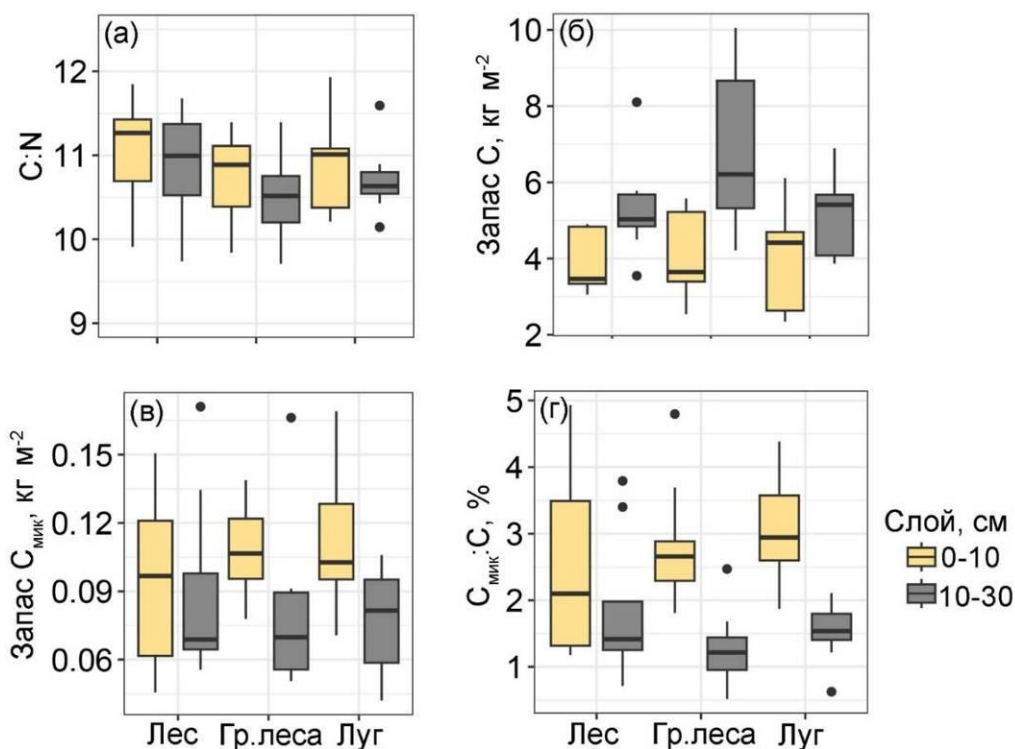


Рис. 1. Соотношение C:N (а), запас органического углерода (б), углерода микробной биомассы (в), доля С<sub>мик</sub> в С(г) в верхнем (0–10 см) и нижнем (10–30 см) слоях почвы вдоль лесо-луговых трансект (n = 9 для каждой экосистемы и почвенного слоя). Гр. леса – граница леса

Суммарный запас С и С<sub>мик</sub> в 30 см слое почвы достигал 15 кг м<sup>-2</sup> (граница леса) и 0,316 кг м<sup>-2</sup> (лес). В среднем суммарный запас С почвы (0–30 см) составил 9,2, 10,9 и 9,1 кг м<sup>-2</sup>, а С<sub>мик</sub> – 0,183, 0,187 и 0,190 кг м<sup>-2</sup> для леса, границы леса и луга соответственно, при этом значимых различий между экосистемами не выявлено (рис. 2). Вклад верхнего 10 см слоя почвы в суммарный запас С составил менее 50% (рис. 2а), при этом его вклад в суммарный запас С<sub>мик</sub> был больше половины – 51–59% (рис. 2б).

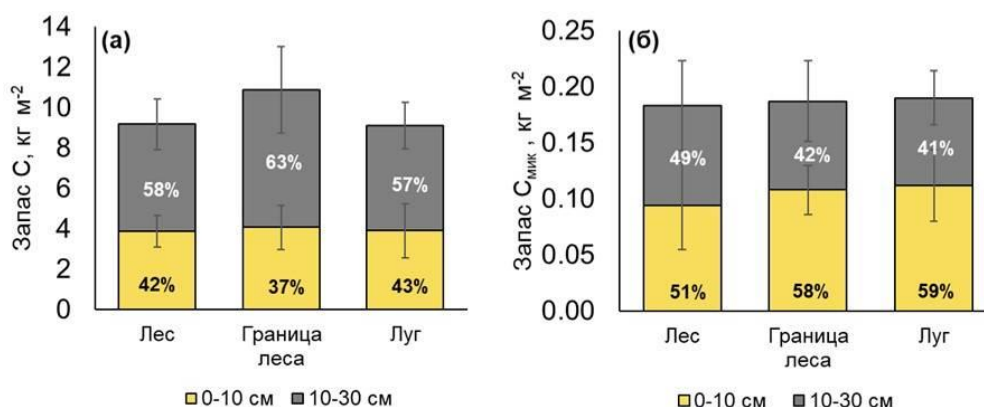


Рис. 2. Суммарный запас органического углерода (а) и углерода микробной биомассы (б) в 30 см слое почвы вдоль лесо-луговых трансект. Приведены средние значения ± стандартное отклонение для каждого слоя. Значения в % – вклад каждого слоя в суммарный запас углерода

Таким образом, можно предположить, что при зарастании пастбищных лугов древесной растительностью в горных ландшафтах не произойдет значительных изменений запасов органического и микробного углерода в верхней части почвенного профиля (0–30 см). Обнаруженная тенденция увеличения доступности органического вещества микроорганизмам в верхнем слое почвы от лесных к луговым экосистемам указывает на возможные изменения качества органического вещества. Следовательно, смещение границы горно-лесного пояса на пастбищные луга не повлияет на пул органического вещества, при этом есть основание полагать, что изменится его качественный состав [11].

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФ № 22-74-10124, <https://rscf.ru/project/22-74-10124>.*

### Библиографический список

1. Are soil carbon stocks in mountain grasslands compromised by land-use changes? / J. Garcia-Pausas, J. Romanya, F. Montane, A. I. Rios, M. Taull, P. Rovira, P. Casals // High Mountain Conservation in a Changing World. Vol. 62. P. 207–230. doi: 10.1007/978-3-319-55982-7\_9
2. Боташев А. Ю. Состояние и экономическая оценка деятельности агропромышленного комплекса Карачаево-Черкесской Республики // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. 2011. № 1. С. 205–209.
3. Drivers of treeline shift in different European mountains / P. Cudlin, M. Klopčič, R. Tognetti, F. Malis, C. I. Alados, P. Bebi, K. Grunewald, M. Zhiyanski, V. Andonowski, M. Edwards-Jonasova, J. M. Ninot, A. Rigling, A. Hofgaard, T. Hlásny, P. Skalák, F. E. Wielgolaski // Climate Research. 2017. Vol. 73. P. 135–150. doi: 10.3354/cr01465
4. Skre O. Northern treelines as indicators of climate and land use changes – A literature review // Agrotechnology. 2019. Vol. 9. Iss. 1. Article No. 190. doi: 10.35248/2168-9881.19.8.190
5. Greenwood S., Jump A. S. Consequences of treeline shifts for the diversity and function of high altitude ecosystems // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. 2014. Vol. 46. No. 4. P. 829–840. doi: 10.1657/1938-4246-46.4.829
6. Hagedorn F., Gavazov K., Jake M. A. Above- and belowground linkages shape responses of mountain vegetation to climate change // Science. 2019. P. 1119–1123. doi: 10.1126/science.aax4737
7. Hansson A., Dargusch P., Shulmeister J. A review of modern treeline migration, the factors controlling it and the implications for carbon storage // J. Mt. Sci. 2021. Vol. 18. P. 291–306. doi: 10.1007/s11629-020-6221-1
8. Strong interactive effects of warming and insect herbivory on soil carbon and nitrogen dynamics at subarctic tree line / N. Meyer, T. Silfver, K. Karhu, K. Myller, O–M. Sietio, E. Myrsky, E. Oksanen, M. Rousi, J. Mikola // Frontiers in Forests and Global Change. 2021. Vol. 4. P. 1–14. doi: 10.3389/ffgc.2021.773223
9. Anderson J., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass // Soil Biol. Biochem. 1978. Vol. 10. P. 215–221.
10. Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O. Assessment and Prediction of Changes in the Reserves of Organic Carbon in Abandoned Soils of European Russia in 1990–2020 // Eurasian Soil Science. 2008. Vol. 41. No. 13. P. 1371–1377. doi: 10.1134/S1064229308130048
11. Динамика фракционного состава органического вещества почвы при зарастании субальпийских лугов лесами / С. В. Сушко, К. В. Иващенко, А. Е. Комарова, А. В. Юдина, С. А. Благодатский // Почвоведение: горизонты будущего : сб. тезисов докладов шестой

конф. молодых ученых Почвенного института имени В. В. Докучаева, посвященной 95-летию Почвенного института имени В. В. Докучаева. М. : Почвенный институт имени В. В. Докучаева, 2022. С. 130–131.

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ БИОУГЛЯ ИЗ ЯБЛОЧНОГО ЖМЫХА НА ЭМИССИЮ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ**

*Е. М. Пигалева*

*Российский государственный гидрометеорологический университет,  
pigalevachudo@mail.ru*

В статье представлен опыт применения биоугля из яблочного жмыха в различных дозах на дерново-подзолистой супесчаной почве с разной степенью окультуренности. Установлено достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение эмиссии диоксида углерода, как из почвы со средней, так и высокой степенью окультуренности по сравнению с контролем при применении дозы биоугля 10 т/га, и увеличение эмиссии при применении дозы 30 т/га.

Ключевые слова: биоуголь из яблочного жмыха, дозы биоугля, диоксид углерода, дерново-подзолистая почва, окультуренность.

В связи с наблюдающимися изменениями климата научное мировое сообщество ищет способы снижения углеродного следа, в частности, предлагается вносить в почву биоуголь, образующийся при конвертации отходов лесного и сельского хозяйства. Данный прием предполагает увеличение секвестрации углерода в почве и снижение эмиссии парниковых газов [1]. К настоящему времени спектр применения биоугля постоянно расширяется. Его можно добавлять в корма и силос или применять при очистке воды [2]. Биоуголь также можно использовать для иммобилизации загрязняющих веществ из почвы и при очистке сточных вод. Несмотря на положительные отзывы о применении биоугля за рубежом, вопрос об использовании его в нашей стране остается открытым, поскольку до настоящего времени не разработана нормативно-правовая база и отсутствуют ГОСТы для данных продуктов. Исключением является древесный уголь, который лучше изучен и чаще всего используется в нашей стране в качестве биоугля [3]. В последние годы стали производиться биоугли из отходов агропромышленного комплекса, например, из яблочного жмыха, фруктовых косточек, шелухи подсолнечника, которые являются перспективными продуктами карбонизации для внесения в почву, но не прошли предварительной апробации в лабораторных и полевых исследованиях.

Микроорганизмы, обладая большим видовым разнообразием и исключительной чувствительностью к воздействию различных агротехнических приемов, в частности, таких как внесение различных видов и доз мелиорантов



и удобрений, могут служить хорошими индикаторами состояния экосистемы. Эмиссия диоксида углерода входит в число данных индикаторов [4].

Для изучения влияния биоугля из яблочного жмыха на биологические свойства почв был проведен лабораторный эксперимент. Цель работы – количественная оценка эмиссии диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) из дерново-подзолистой супесчаной почвы при внесении различных доз биоугля из яблочного жмыха.

Объектом исследования служила дерново-подзолистая супесчаная почва с разной степенью окультуренности, широко используемой под сельскохозяйственное производство в Ленинградской области (табл. 1).

Таблица 1

**Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой супесчаной почвы разного качества**

Почва	рН <sub>KCl</sub>	Собщ %	Nобщ %	Минеральный азот		Подвижные	
				N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
				МГ/КГ			
СрОк	5,3±0,27	1,67±0,21	0,17±0,07	12,3±0,9	5,4±0,8	267±24	139±43
ВысОк	6,1±0,15	2,85±0,38	0,26±0,09	16,5±1,2	11,3±0,5	415±32	352±37

*Примечание:* СрОк – почва со средней степенью окультуренности; ВысОк – почва с высокой степенью окультуренности.

В эксперименте использовался биоуголь, полученный из яблочного жмыха, который был произведен в городе Майкопе бескислородным пиролизом при температуре 400 °С на предприятии ООО «Зенит». Жмых яблочный – это продукт, который остаётся после отжатия сока из свежей мякоти яблок. Подсчитано, что в среднем из килограмма яблок средней сочности получается 300 граммов жмыха. Хранение жмыха – органического отхода приводит к возрастанию эмиссии парниковых газов. В таблице 2 представлена характеристика изучаемого продукта.

Таблица 2

**Химическая характеристика биоугля из яблочного жмыха**

C <sub>общ</sub> , %	N <sub>общ</sub> , %	C/N	H, %	H/C	O, %	O/C	рН(H <sub>2</sub> O)	W <sub>ГВ</sub> , %	Зольность, %
72,3	0,41	176,3	1,32	0,02	6,4	0,09	7,82	2,9	14,52

Лабораторный эксперимент проводили в течение 45 дней в контролируемых условиях. Образцы почв помещали в вегетационные сосуды объемом 500 мл и инкубировали их при температуре 28 °С. Влажность почвы поддерживали в течение эксперимента гравиметрически на уровне 21% от веса в среднеокультуренной почве и 24% – высокоокультуренной почвы.

До закладки эксперимента почву высушили до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре + 22 °С и просеивали через сито с диаметром ячеек 8 мм для того чтобы удалить излишек каменистой фракции. По 300 г почвы на сосуд увлажняли водой до количества, соответствующего различной степени окультуренности. Ко всем сосудам были подобраны герметично закрывающиеся крышки, оборудованные трёхходовыми кранами для

отбора образцов воздуха из сосудов. Пробы воздуха отбирались при помощи 60-мл шприца в 10-мл стеклянные флаконы с герметично закрытыми резиновыми пробками и алюминиевыми крышками [5]. Концентрация диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) анализировалась на газовом хроматографе ПФД (Кристалл 2000). Отбор образцов воздуха проводили ежедневно на протяжении первых двух недель после внесения биоугля в почву, а в последующие дни – 2–3 раза в неделю.

Биоуголь вносили после предварительной инкубации из расчета (1) 10 т/га – 2,9 г на сосуд, (2) 20 т/га – 5,8 г, (3) 30 т/га – 8,7 г.

Таким образом, изучались различные дозы биоугля из яблочного жмыха, поэтому схема лабораторного эксперимента включала по 4 варианта для почв с разной степенью окультуренности: 1 – почва – контроль (без внесения биоугля); 2 – почва с внесением биоугля из яблочного жмыха в дозе 10 т/га; 3 – почва с внесением биоугля из яблочного жмыха в дозе 20 т/га; 4 – почва с внесением биоугля из яблочного жмыха в дозе 30 т/га. Итого: 8 вариантов в 3-х кратной повторности

Эмиссия углекислого газа — это процесс выделения диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) с поверхности почвы в атмосферу. Эмиссия  $\text{CO}_2$  из почвы представляет собой суммарный показатель биологической активности почвы, поэтому ее интенсивность в значительной степени следует за изменением общей численности микроорганизмов [6, 7].

На рисунке представлена суточная эмиссия  $\text{CO}_2$  из вариантов почв в течение эксперимента.

Анализируя полученные данные по эмиссии С- $\text{CO}_2$  в варианте среднеокультуренной почвы – контроль (без добавления биоугля) можно отметить, что в первые сутки из почвы выделялось до 8,5 мг С- $\text{CO}_2$ /кг/сутки, далее – эмиссия возрастала до 11,14 мг/кг/сутки, а после пятых суток инкубации плавно снижалась к концу эксперимента до 1,42 мг/кг/сутки. В контрольном варианте высокоокультуренной почвы на момент начала эксперимента выделялось до 12,8 мг/кг/сутки, и далее плавно возрастало до 5-ых суток эксперимента, достигнув величины 21,3 мг/кг/сутки с последующим снижением к концу опыта до 4,3 мг/кг/сутки. В целом, за 45 суток эксперимента из контрольной почвы СрОк выделилось до 384 мг С- $\text{CO}_2$ /кг, а из ВысОк – 557 мг С- $\text{CO}_2$ /кг.

Как в среднеокультуренной, так и в высокоокультуренной почве отмечалась общая тенденция возрастания эмиссии  $\text{CO}_2$  из дерново-подзолистой супесчаной почвы при применении дозы 30 т/га, в среднем на 10% по сравнению с контролем. При применении доз 10 и 20 т/га выявлено снижение данного показателя на 12–15% по сравнению с контролем.

Внесение дозы биоугля из расчета 10 т/га снизило эмиссию диоксида углерода по сравнению с контролем за 45 суток до 261 и 434 мг С- $\text{CO}_2$ /кг, соответственно для почв с СрОк и ВысОк. Внесение дозы 20 т/га привело к выделению 345 и 518 мг С- $\text{CO}_2$ /кг, а дозы биоугля 30 т/га – 413 и

586 мг С-СО<sub>2</sub>/кг, соответственно для средней и высокой степени окультуренности почв.

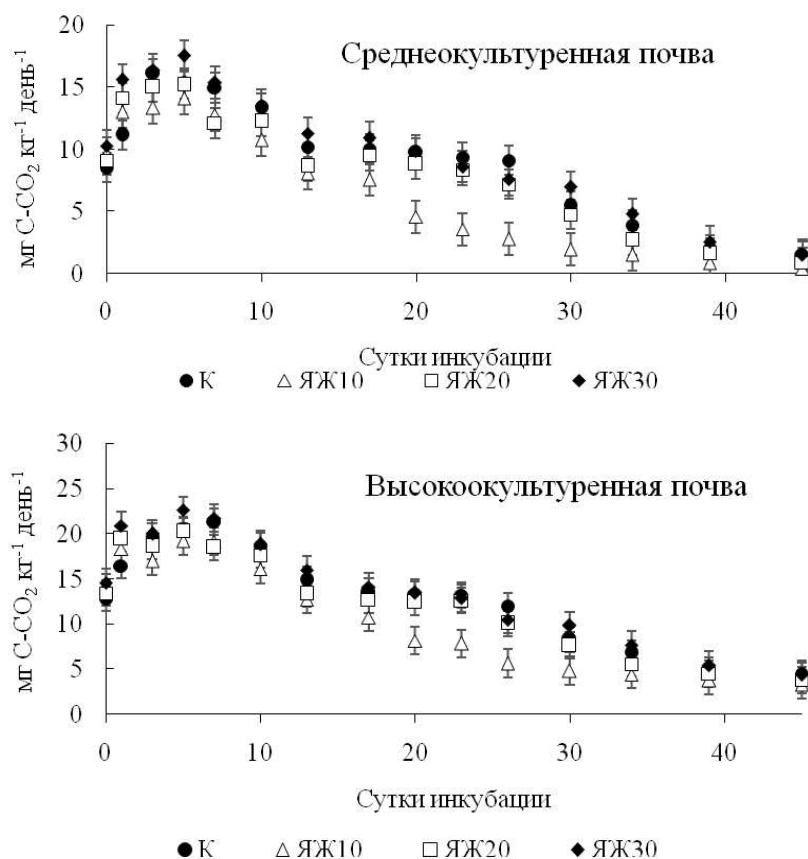


Рис. Эмиссия С-СО<sub>2</sub> из среднеокультуренной и высокоокультуренной дерново-подзолистой почвы при внесении различных доз биоугля из яблочного жмыха в течении 45 дней инкубации. Обозначения: К – контроль, ЯЖ – биоуголь из яблочного жмыха, 10, 20 и 30 – дозы биоугля из расчета в т/га

Таким образом, изучение влияния различных доз биоугля из яблочного жмыха на эмиссию СО<sub>2</sub> показало, что применение дозы 30 т/га нежелательно для дерново-подзолистой супесчаной почвы, тогда как дозы 10 и 20 т/га способствуют снижению эмиссии СО<sub>2</sub>. Выделение СО<sub>2</sub> из дерново-подзолистой почвы существенно зависело от степени окультуренности. Дыхание среднеокультуренной дерново-подзолистой почвы в среднем в 1,6 раза ниже, чем высокоокультуренной.

Однако для более корректных рекомендаций по использованию данного биоугля в качестве мелиоранта почв требуются длительные полевые исследования.

#### Библиографический список

1. Порфирьев Б., Широков А., Колпаков А. Климат для людей, а не люди для климата // Эксперт. 2020. № 31–34. С. 44–47.
2. Malinska K. Legal and quality aspects of requirements defined for biochar // Inzynieriai Ochrona Srodowiska. 2015. Vol. 18. P. 359–371.

3. Biochar as a Multifunctional Component of the Environment-A Review / B. Saletnik, G. Zagula, M. Bajcar, M. Tarapatskyu, G. Bobula, C. Puchalski // Applied Sciences. 2019. No. 9. Article No. 1139. doi: 1139. 10.3390/app9061139

4. Титова В. И. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества. Нижний Новгород, 2012. 64 с.

5. Anderson T. H., Domsch K. H Soil Microbial Biomass: The eco-physiological approach // Soil Biology and Biochemistry. 2010. Vol. 42. P. 2039–2043.

6. Голодяев Г. П. Биологическая активность горно-лесных почв южного Приморья. Л. : Изд-во «Наука», 1972. 246 с.

7. Деева Н. Ф., Ильина А. А. Атлас почв. М. : Изд-во Астрель, 2011, 198 с.

## **ДИАГНОСТИКА ПРОЦЕССОВ ЦИКЛА АЗОТА В ОЦЕНКЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ г. ВОРОНЕЖА**

***Н. Н. Назаренко***

*Воронежский государственный аграрный университет, talalajko@mail.ru*

В статье представлены данные по изучению биологической активности антропогенно-нарушенных почв г. Воронежа. Исследованы процессы азотфиксации и денитрификации, отражающие нарушения баланса цикла азота. Показано, что в городских почвах динамика микробного сообщества определяется видами и уровнями загрязнения. Такие показатели как содержание азотобактера, численность денитрификаторов, активность азотфиксации могут применяться для биоиндикации городских почв.

Ключевые слова: биологическая активность, цикл азота, азотобактер, денитрификаторы, городские почвы.

В настоящее время все большее внимание уделяется оценке экологического состояния почв урбанизированных территорий. Городские почвы, выполняя важные экологические функции, испытывают более интенсивные нагрузки, чем естественные или используемые в сельском хозяйстве. Длительное антропогенное влияние загрязняющих веществ определяет разные векторы преобразования и высокую вариабельность почвенных свойств. В верхних горизонтах почв изменяются физико-химические свойства, накапливаются поллютанты. Вследствие изменения свойств городских почв преобразуются естественные ниши микробного населения, нарушается их структурно-функциональная организация и активность, что приводит к нарушению углеродного и азотного циклов [1, 2].

Важным показателем биологической активности почв и одним из главных критериев оценки плодородия является состояние цикла азота. Несбалансированность процессов трансформации азотистых соединений может оказывать серьезное влияние на почвы и сопредельные среды урбоэкосистемы. Многими авторами [3–5] показано, что отдельные этапы цикла азота являются индикаторами химического загрязнения, могут быть использованы при

экологической оценке почв в зоне влияния промышленности, урбанизации, на рекреационных территориях, сельхозугодьях.

Особую роль в формировании и поддержании плодородия почвы играют азотфиксирующие микроорганизмы, которые трансформируют недоступный для растений молекулярный азот воздуха в связанный. Кроме того, бактерии рода *Azotobacter*, являясь продуцентами биологически активных веществ (витамины, гормоны роста, пигменты, фунгициды), способны внести положительный вклад в развитие растений и оздоровление почвенной экосистемы [6]. Поэтому жизнедеятельность азотобактера в техногенных экосистемах заслуживает пристального внимания.

К важным индикаторам загрязнения урбопочв относятся и денитрифицирующие бактерии, входящие в состав большинства бактериальных филомов, поэтому при нарушении денитрификации могут быть затронуты не только процессы восстановления нитратов и нитритов до молекулярного азота, но и другие функции этих организмов [1]. Также, по некоторым данным, в городских почвах цикл нитратов преобладает над циклом аммония, что может приводить к потерям минеральных форм азота из почвы, при этом избыток нитратов влечет загрязнение грунтовых вод [7].

В настоящее время почвы г. Воронежа подвергаются постоянно усиливающемуся антропогенному воздействию. Особое беспокойство связано с активным развитием транспортной инфраструктуры и сети автозаправочных станций (АЗС). На таких территориях отмечается значительное количество органических и неорганических поллютантов, что может служить источником вторичного загрязнения окружающей среды.

Целью данного исследования было изучение численности микроорганизмов (азотфиксаторов, денитрификаторов) и направленности процессов круговорота азота в антропогенно-нарушенных почвах г. Воронежа. В основу работы положены данные, полученные за период 2017–2019 гг.

На урбанизированной территории г. Воронежа диагностировали в разной степени преобразованные аналоги естественных чернозёмных почв. Исследовали образцы *урбанозёмов* придорожных территорий (загрязнение бензапиреном, тяжелыми металлами), отобранные вблизи транспортных развязок и *интрузёмов* (загрязнение нефтепродуктами) на территории нефтебазы АО Воронежнефтепродукт и городских АЗС. Анализировали также образцы *культурозёмов* (рекреационное воздействие), отобранные в центральном районе города на территории лесопарка ботанического сада ВГУ.

В качестве контроля служила почва пригородной зоны (*чернозём выщелоченный*, целина), отобранная в экологически чистом районе на расстоянии 30 км от города. Пробы почвы отбирали из слоя 0–20 см в разные сезоны года.

Ранее нами были определены химические свойства почв исследуемых территорий, которые отражены в работе [8]. Антропогенно-нарушенные почвы города значительно трансформированы по сравнению с контролем: везде наблюдается увеличение значения рН; возросло содержание общего органического вещества в 1,1–3 раза, что связано с поступлением в почвы органиче-

ских загрязнителей; локально отмечены превышения по ГМ и бензапирену относительно значений ПДК; характерно увеличение подвижного калия и фосфора.

Выделение и учёт численности микроорганизмов рода *Azotobacter* оценивали методом обрастания почвенных комочков на агаризованной безазотистой среде Эшби, инкубировали образцы 7 дней при влажности 60% от ППВ и температуре 25 °С, далее выражали в % [9]. Численность бактерий-денитрификаторов определяли методом предельных разведений на жидкой среде Гильтая [9].

Потенциальную активность азотфиксации почвы оценивали газохроматографическим методом в воздушно-сухих образцах [9]. Активность нитрогеназы в указанных условиях определяли по образованию этилена из ацетилена и выражали в мкмоль С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>/г·час [9].

Полученные данные подвергались статистической обработке с помощью программы Microsoft excel.

Результаты по содержанию микроорганизмов круговорота азота представлены в таблице 1. Показатели были выше в условиях оптимальной влажности (весной и осенью), заметно снижались в период иссушения (июль). В ходе работы было выявлено, что азотобактерии присутствуют во всех анализируемых образцах почвы.

В контроле (пригородная зона) содержание как аэробных азотфиксаторов рода *Azotobacter*, так и анаэробных денитрификаторов было достаточно высоким, что соответствует результатам предыдущих исследований [3, 8]. Эти данные указывают на активное развитие микроорганизмов в контрастных почвенных микроразнообразиях.

Таблица 1

**Содержание микроорганизмов круговорота азота в почвах различных функциональных зон в динамике по сезону (min-max значение)**

Сроки отбора проб	Контроль чернозем	Городская почва		
		культуросзем	интрузем	урбанозем
Азотобактер, % обрастания комочков				
май	70–78	60–72	74–80	20–38
июль	55–70	50–65	60–75	5–18
сентябрь	76–90	60–72	90–100	15–22
Численность денитрификаторов, тыс./г почвы				
май	93–100	87–121	174–186	69–114
июль	67–71	55–68	108–122	55–88
сентябрь	99–120	105–118	238–256	100–160

На территории урбанизированной среды города динамика микробного сообщества определялась видами и уровнями загрязнения. В культуросёмах ботанического сада ВГУ содержание азотобактера было несколько ниже контроля в конце вегетационного сезона. В интрузёмах нефтебазы и большинства АЗС содержание азотобактера в весенне-летний период было на уровне кон-

троля, осенью в условиях достаточного увлажнения этот показатель достигал 100%.

Катастрофически низкое содержание азотобактера выявлено в урбано-земах придорожных территорий. Весной и осенью содержание аэробных азотфиксаторов здесь составляло 15-40% от контроля, а летом – только до 20%. Возможно, это связано с высоким уровнем загрязнения данных территорий ТМ, которые, как известно, ингибируют их рост и активность [1].

По данным некоторых авторов [6], наиболее информативными для оценки состояния азотобактера являются показатели физиологической активности, которые оцениваются по интенсивности пигментации. В результате анализа полученных данных обнаружена строгая специфика преобладающих колоний в почвенных образцах, отобранных на территории нефтебазы, придорожных газонах АЗС. Выделенные колонии были с аномальным растекающимся ростом, темно-коричневой пигментацией. Такое явление обнаружено и другими авторами на примере антропогенно-нарушенных почв разных городов, объясняется оно защитной реакцией клеток на воздействие неблагоприятных условий [5].

Противоположная биодинамика обнаружена нами для группы бактерий-денитрификаторов. В культуроземах возрастает коэффициент вариации показателя по точкам отбора (0,3-0,9), что указывает на локальный характер нарушения почвы, однако максимальные значения не превышают контроля. В интруземах и урбаноземах численность денитрификаторов возросла в 1,3–2,0 раза по сравнению с контролем, особенно заметно в конце сезона. Коэффициент вариации составлял 0,1–0,4, т. е. загрязнение почвы газовыми выбросами, ТМ и нефтепродуктами вблизи городских магистралей, нефтебазы и АЗС носит системный характер.

Представляло интерес изучить не только биодинамику азотфиксирующих бактерий, но и активность осуществляемых ими процессов в почве (табл. 2). В культуроземах лесопарка ботанического сада потенциальная способность почвы к связыванию азота сохранена, в почвах придорожных территорий и АЗС оказалась ниже контроля в 1,5–3,5 раза. Наибольший уровень азотфиксации наблюдали в интруземах нефтебазы с высоким уровнем загрязнения нефтепродуктами. По-видимому, нефтепродукты стимулируют азотфиксацию, так как известно, что азотобактер нуждается в кальции, фосфоре, щелочной реакции среды и достаточном количестве органических веществ [1].

*Таблица 2*

**Потенциальная активность азотфиксации в почве г. Воронежа,  
мкмоль  $C_2H_4$ /г·сут (min-max значение)**

Сроки отбора проб	Контроль чернозем	Городская почва		
		культурозем	интрузем	урбанозем
май	161–188	155–178	140–196	43–55
июль	130–159	100–137	80–158	14–36
сентябрь	178–200	158–197	102–240	42–69

Таким образом, анализ физиологических групп микроорганизмов цикла азота позволил выявить тенденцию, отражающую незамкнутость процессов круговорота азота в антропогенно-нарушенных почвах города Воронежа. Снижение поступления и закрепления азота ведёт к падению плодородия, деградации и потере экологических функций городских почв. Поэтому использование показателей биологической активности почв, а именно, показателей активности микроорганизмов цикла азота является достаточно актуальным с точки зрения индикации различных городских загрязнений.

#### **Библиографический список**

1. Почва, город, экология / под ред. Г. В. Добровольского. М. : Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.
2. Свистова И. Д., Назаренко Н. Н., Корецкая И. И. Санитарно опасные мицелиальные микроорганизмы в почвах Воронежа // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 3. С. 247–250.
3. Свистова И. Д. Биодинамика микробного сообщества почвы в антропогенных экосистемах лесостепи : Дис. ... д-ра биол. наук. Воронеж, 2005. 485 с.
4. Биологический мониторинг природно-техногенных систем / под ред. Т. Я. Ашихминой, Н. М. Алалыкиной. Сыктывкар : УрО РАН, 2011. 388 с.
5. Лысак Л. В., Лапыгина Е. В. Разнообразие бактериальных сообществ городских почв // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1108–1114. doi: 10.1134/S0032180X18090071
6. Артамонова В. С., Бортникова С.Б. О развитии *Azotobacter chroococcum* Beijerinck в старовозрастных отвалах антрацита // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 1. С. 60–72. doi: 10.25750/1995-4301-2018-1-060-072
7. Феоктистова И. Д., Сахно О. Н. Исследование процессов нитрификации и денитрификации в запечатанных почвах г. Владимира // сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие». 2019. С. 90–94.
8. Назаренко Н. Н., Свистова И. Д. Микробиологическая индикация почв урбандолиндов. Воронеж : ВГАУ, 2013. 135 с.
9. Практикум по биологии почв : учебное пособие / Г. М. Зенова, А. Л. Степанов, А. А. Лихачева, Н. А. Манучарова М. : Изд-во МГУ, 2002. 120 с.

### **ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОГО ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА РОСТ РАСТЕНИЙ НА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЕ**

*А. А. Утомбаева, Э. Р. Зайнулгабидинов, А. М. Петров*  
*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ,*  
*semionova.alin@yandex.ru*

В лабораторном хроническом эксперименте изучено влияние внесения в нефтезагрязненную серую лесную почву термомеханически обработанного гранулированного осадка сточных вод (гранулята) на всхожесть и рост высших растений. В присутствии гранулята в вариантах с высоким содержанием нефтепродуктов наблюдалось снижение всхожести бобовых растений. Низкие дозы поллютанта в присутствии гранулята стимулировали рост ржи посевной. Внесение гранулята в чистую и содержащую до 6,1 г/кг нефтепродуктов поч-



ву практически не влияет на прорастание вики посевной, при содержании поллютанта в концентрации 19,7 г/кг проявлялись протекторные свойства гранулированного осадка сточных вод.

Ключевые слова: нефтепродукты, серая лесная почва, осадки сточных вод, всхожесть, рожь, вика.

Антропогенный пресс на окружающую среду приводит к активации механизмов адаптации растений к новым экологическим факторам. Нефтяное загрязнение влияет на морфологию и развитие растений, наблюдается торможение роста стебля в высоту, уменьшается его радиальный рост. При нефтяном загрязнении корневая система наиболее сильно подвержена изменениям, вплоть до трансформации, например, из мочковатого типа в стержневой. Изменение функционального состояния корневой системы, ее строения затрудняет процессы проникновения питательных веществ и воды в растения, ослабляет фотосинтетическую активность, приводит к временному или фатальному увяданию. В условиях нефтяного загрязнения не развиваются клубеньковые бактерии, что нарушает обеспечение растений доступными формами азота и, соответственно, также отрицательно влияет на продуктивность растений [1].

Необходимость снижения стресса растений в присутствии поллютанта требует поиска решений, обеспечивающих снижение токсического действия нефтяных углеводородов на используемые при фиторекультивации растения.

Технология обработки осадков сточных вод (ОСВ) МУП «Водоканал» г. Казани предусматривает их обезвоживание и сушку до влажности 5–10% при температуре 105–110 °С, что обеспечивает элиминацию условно-патогенной микрофлоры, повышает влагостойкость образующихся в процессе сушки гранул. Высушенный продукт – «гранулят» содержит биологически доступные органические и минеральные вещества и по своим характеристикам соответствует требованиям ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 [2], что указывает на возможность его использования в качестве удобрения при биологической рекультивации, в том числе и нефтезагрязненных почв и делает актуальным исследование, в которых оценивается эффективность их применения в виде нетрадиционных удобрений в агрикультуре в ходе экологически безопасной утилизации [3].

Цель работы – изучить влияние гранулированного ОСВ МУП «Водоканал» г. Казани на всхожесть и рост высших растений на нефтезагрязненной серой лесной среднесуглинистой почве.

В исследованиях были использованы лесная среднесуглинистая почва (гумус – 4,4%;  $N_{\text{вал.}}$  – 0,21%;  $P_{\text{общ.}}$  – 0,07%;  $pH_{\text{в}}$  – 6,25) и гранулят термомеханически обработанного осадка сточных вод МУП «Водоканал» г. Казани (влажность – 6,3%; органическое вещество – 60,4%;  $N_{\text{общ.}}$  – 3,0%;  $P_{\text{общ.}}$  – 1,5%;  $P_{\text{подв}}$  – 2000 мг/кг; класс опасности IV).

Почвенные образцы были искусственно загрязнены парафинистой, сернистой смолистого типа нефтью Ямашинского месторождения Республики Татарстан. Эксперимент включал несколько вариантов с различным остаточным содержанием нефтепродуктов (НП). После непродолжительной выдержки каждая проба делилась на две части, одна из которых являлась контролем (опыт Сл), во вторую часть пробы добавляли гранулят ОСВ из расчета 10 т/га (опыт СлГ). Образцы увлажнялись до влажности 20%, перемешивались и выдерживались в течение 5 суток.

Содержание НП в исследуемых образцах определяли ИК-спектрофотометрическим методом на анализаторе КН-2м [4]. В исходных опытных образцах оно составляло: вариант В1 – 2,7 г/кг; вариант В2 – 6,1 г/кг; вариант В3 – 14,4 г/кг; вариант В4 – 19,7 г/кг.

Хронические лабораторно-вегетационные эксперименты проводили в соответствии с ГОСТ Р ИСО 22030-2009 [5]. С учетом результатов ранее проведенных исследований [6] в качестве тест-объектов были использованы рожь посевная (*Secale cereale* L.) и вика посевная (*Vicia sativa* L.), смесь семян которых высевали в почву в соотношении 1:1.

Культивирование растений проводили в пластиковых емкостях диаметром 11 см и объемом 550 мл, содержащих 400 г почвы. Инкубирование осуществляли при температуре 19–25 °С, влажности 20–25%, 16-часовом световом дне с интенсивностью освещения 4000 Лк. Количество повторностей в каждом варианте – 3.

В опытах с растениями в каждый сосуд высевали по 12 семян (6+6). Через две недели после их прорастания в емкостях оставляли по 6 растений (3+3). В ходе хронического эксперимента периодически определяли длину растений.

Как показали исследования, присутствие гранулята в чистой почве не влияло на всхожесть растений, однако он тормозил время появления всходов (табл.). Более позднее появление всходов наблюдалось и в нефтезагрязненных вариантах опыта СлГ, при этом в вариантах В2 и В3 у ржи всхожесть была выше, а в вариантах В2–В4 у вики ниже, чем в опыте Сл.

Таблица

**Время появления всходов ржи и вики в опытах с серой лесной почвой при разном остаточном содержании нефтяных загрязнений (опыт СлГ/опыт Сл)**

Вариант	Всхожесть, %					
	Рожь			Вика		
	3 сутки	6 сутки	10 сутки	3 сутки	6 сутки	10 сутки
К	28/93	83/93	94/93	0/40	72/100	94/100
В1	44/93	72/93	100/100	0/0	78/100	100/100
В2	28/60	94/73	100/73	0/0	39/53	78/93
В3	33/47	89/73	94/87	0/0	11/73	50/87
В4	0/20	33/80	83/93	0/0	0/73	67/87

Сравнение изменения длины злаковых растений показывает, что внесение гранулята ускоряет их рост на чистой и загрязненной нефтью серой лесной почве (рис. 1). В опыте СлГ в контроле и в вариантах В1, В3 на протяжении всего эксперимента относительная скорость роста ржи имела близкие значения, тогда как в варианте В2, начиная с третьей недели и варианте В4 – с четвертой, протекторные свойства гранулята обеспечили более интенсивный рост растений. Защитные свойства гранулята наиболее сильно проявились в варианте с максимальной концентрацией поллютанта.

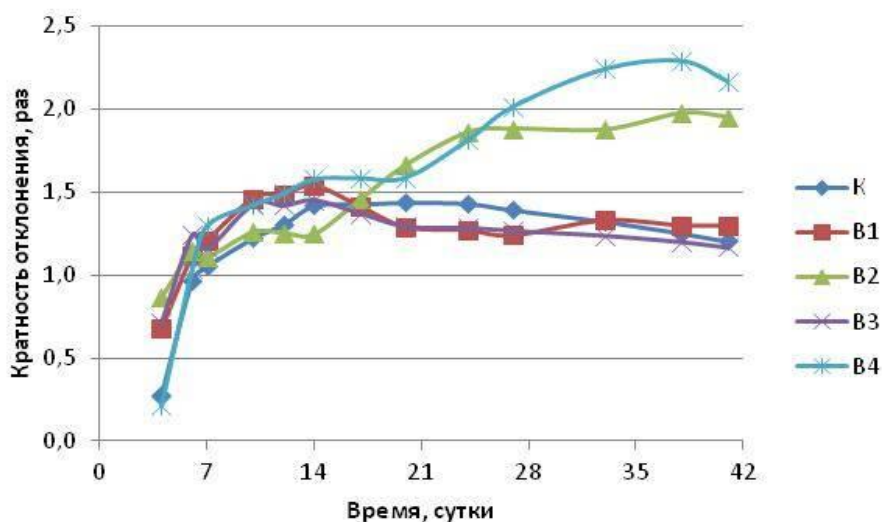


Рис. 1. Влияние гранулята на динамику роста ржи посевной в хроническом эксперименте (кратность отклонения вариантов опыта СлГ относительно вариантов опыта Сл)

Внесение гранулята в почву в контроле и вариантах В1–В3 не приводило к повышению интенсивности роста бобовых. В варианте В3 опыта СлГ на протяжении всего эксперимента длина растений вики была значительно ниже, чем в опыте без гранулята (рис. 2). В то же время, как и в случае со злаковыми, при максимальной испытанной концентрации НП проявлялись протекторные свойства гранулята, в данном варианте длина растений была на 40–20% больше, чем в опыте Сл.

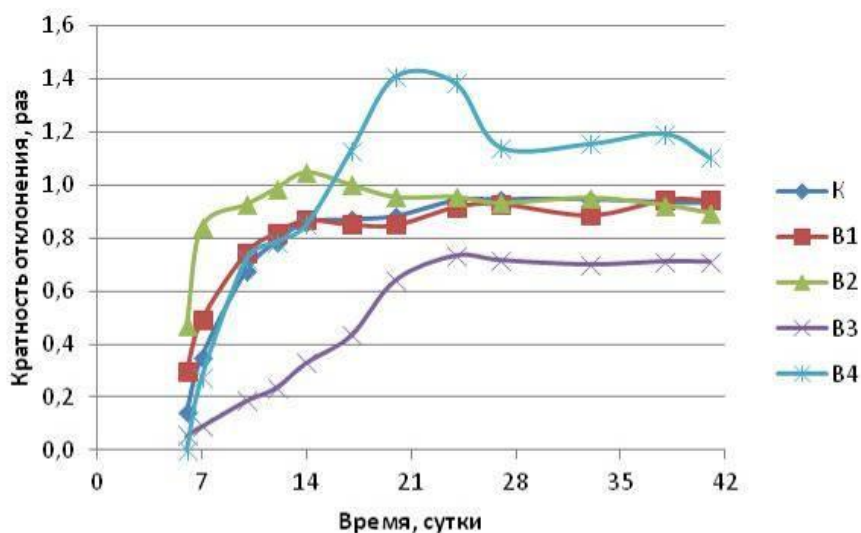


Рис. 2. Влияние гранулята на динамику роста вики посевной в хроническом эксперименте (кратность отклонения вариантов опыта СлГ относительно вариантов опыта Сл)

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Внесение гранулята ОСВ из расчета 10 т/га увеличивает время прорастания семян высших растений;
2. Внесение гранулята в почву, содержащую 6,1–19,7 г/кг нефтепродуктов, снижает всхожесть семян вики посевной;
3. Присутствие гранулята в загрязненной нефтью серой лесной почве интенсифицирует рост ржи посевной. При высоких концентрациях поллютанта протекторные свойства усиливаются.
4. Внесение гранулята в чистую и содержащую до 6,1 г/кг нефтепродуктов почву практически не влияет на интенсивность роста вики посевной. При содержании поллютанта в концентрации 19,7 г/кг проявлялись протекторные свойства гранулированного осадка сточных вод.

#### Библиографический список

1. Мазунина Л. Е. Особенности анатомии и морфологии высших растений в условиях нефтяного загрязнения // Вестник Нижневартковского государственного гуманитарного университета. 2009. № 1. С. 16–18.
2. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. М. : Стандартинформ, 2008. 5 с.
3. Гунина Е. А. Агроэкологическая оценка осадков сточных вод очистных сооружений Южное Бутово г. Москвы для применения в агрикультуре : дис. ... канд. биол. наук. М., 2017. 142 с.
4. ПНД Ф 16.1.2.2.22-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрии. М., 1998. Издание 2005. 13 с.
5. ГОСТ Р ИСО 22030-2009 Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. М. : Стандартинформ, 2010.
6. Скрининг растений для фиторемедиации нефтезагрязненных почв / А. А. Утомбаева, Э. Р. Зайнулгабидинов, Т. В. Кузнецова, А. М. Петров // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 1. С.68–74. doi: 10.36906/2311-4444/22-1/10

# ДИНАМИКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ПРИСУТСТВИИ ГРАНУЛИРОВАННОГО ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

*Л. К. Каримуллин, Т. В. Кузнецова, Э. Р. Зайнулгабидинов,  
А. М. Петров*

*Институт проблем экологии и недропользования Академии наук  
Республики Татарстан, karlenar@yandex.ru*

В работе показано влияние внесения гранул осадка сточных вод на биологическую активность нефтезагрязненной серой лесной почвы. Представлены основные характеристики гранулированного осадка сточных вод и результаты влияния различных концентраций нефтепродуктов на динамику каталазной и уреазной активности почвенных образцов инкубируемых с гранулятом и без него. Экспериментально установлено, что внесение гранулята из расчета 10 т/га в почвенные образцы, содержащие 21,6; 37,8 и 55,1 г/кг нефтепродуктов, приводит к росту ферментативной активности, способствует повышению устойчивости почвенного микробоценоза к поллютанту.

Ключевые слова: гранулят, серая лесная почва, каталаза, уреазы, ферментативная активность.

Необходимость оперативного возвращения загрязненных нефтью земель в хозяйственный оборот требует проведения рекультивационных мероприятий. Скорость деструкции поллютантов определяется активностью почвенного микробного комплекса, которая может быть повышена путем внесения штаммов-деструкторов, органических и минеральных удобрений, интенсификации процессов массообмена (например, перемешивание, увлажнение) [1]. Проведение восстановительных мероприятий в большинстве случаев связано с большими финансовыми затратами, что требует поиска путей повышения их экономической эффективности.

В настоящее время на очистных сооружениях МУП «Водоканал» г. Казани смесь осадка первичных отстойников и избыточного активного ила подвергается обезвоживанию и сушке, в результате образуются плотные, устойчивые к механическому воздействию гранулы размером 3–9 мм. Согласно проведенным анализам, полученный продукт (далее гранулят) на 60% состоит из органических веществ, в нем содержатся достаточно высокие концентрации основных биогенных элементов [2], что указывает на возможность его использования в качестве органо-минерального удобрения для улучшения структурных и биологических свойств деградированных, истощенных, нефтезагрязненных почв.

В связи с вышеизложенным, представляет интерес изучение влияния внесения гранулированного осадка сточных вод (ОСВ) на биохимическую активность микробного пула нефтезагрязненной почвы.

Цель работы – изучить влияние гранулята ОСВ на ферментативную активность нефтезагрязненной серой лесной среднесуглинистой (Сл) почвы.

В работе была использована серая лесная среднесуглинистая почва Республики Татарстан (табл.), в которую была внесена сернистая нефть Ямашинского месторождения из расчета 21,6; 37,8 и 55,1 г/кг почвы (варианты В1, В2 и В3, соответственно). Определенное методом ИК-спектрометрии [3] содержание нефтепродуктов в опытных образцах составило: В1 – 6,1 г/кг; В2 – 14,4 г/кг; В3 – 19,7 г/кг. Контролем (К) служила чистая серая лесная почва.

Таблица

**Характеристики серой лесной среднесуглинистой почвы**

Гумус, %	C <sub>орг.</sub> , %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>подв.</sub>	K <sub>2</sub> O <sub>подв.</sub>	рН <sub>вод.</sub>	N <sub>вал.</sub> , %	P <sub>2</sub> O <sub>5вал.</sub> , %
		МГ/КГ				
4,4	2,8	103	81	6,25	0,21	0,07

Каждая проба делилась на две части, одна из которых являлась контролем (опыт Сл), во вторую часть пробы добавляли гранулят ОСВ из расчета 2% по массе (опыт СлГ). Образцы увлажнялись до влажности 20%, перемешивались и выдерживались в течение 5 суток. После этого в них определялась ферментативная активность [4] Через 60 суток в опытных образцах было проведено повторное определение ферментативной активности.

В качестве диагностического показателя физиологической активности загрязненных нефтью почв были определены уровни ферментов класса оксидоредуктаз (каталаза) и гидролаз (уреаза). Такие индикаторы информативно отражают интенсивность биохимических процессов, протекающих в почве, и дают возможность оценить влияние внесения гранул ОСВ на активность почвенного микробоценоза при нефтяном загрязнении.

После внесения нефти в вариантах В1 и В2 опыта Сл наблюдался 5,4 и 5,1 кратный рост каталазной активности (рис. 1). Дальнейшее увеличение содержания перекиси водорода в почве приводило к снижению интенсивности разложения пероксида водорода до 0,26 мг Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub>/г, однако и в этом случае каталазная активность была в 2,6 раза выше, чем в контроле.

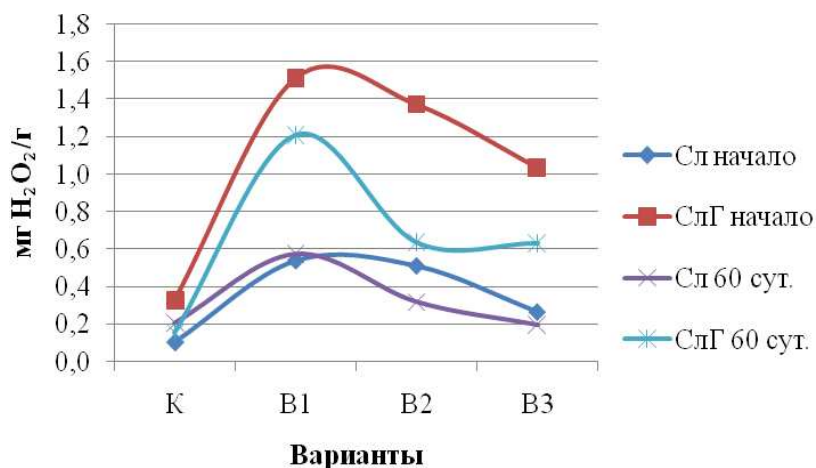


Рис. 1. Изменение каталазной активности почвенных образцов в зависимости от концентрации нефтепродуктов и времени инкубации

Внесение гранулята в чистую почву (опыт СлГ) привело к 3,3 кратному росту каталазной активности, при этом в вариантах В1, В2 и В3 она была соответственно в 4,6, 4,2 и 3,2 раза выше, чем в контроле опыта СлГ. Сравнение ферментативной активности вариантов опыта Сл и СлГ показало, что внесение гранул в исследуемую почву привело к 2,7–3,9-кратному увеличению уровня каталазной активности (рис. 1). Самое большое отличие (в 3,9 раза) было зафиксировано в варианте с максимальным содержанием нефтепродуктов (В3), что подтверждает протекторное действие гранулята.

Через 60 суток инкубации в вариантах В2 и В3 опыта Сл наблюдалось снижение скорости разложения пероксида водорода, однако, и в этом случае она была несколько выше (вариант В2) или на уровне (вариант В3) контроля. В отличие от опыта Сл, в опыте СлГ после инкубации во всех вариантах сохранялся высокий уровень каталазной активности (рис.1). Сопоставление ферментативной активности опытов Сл и СлГ показало, что во втором она была в 2,0-3,3 раза выше.

В опыте Сл высокие концентрации НП не ингибировали уреазную активность почвы, в вариантах В2 и В3 она была в 4 раза выше, чем в В1 и в 10 раз выше, чем в контрольной почве (рис. 2).

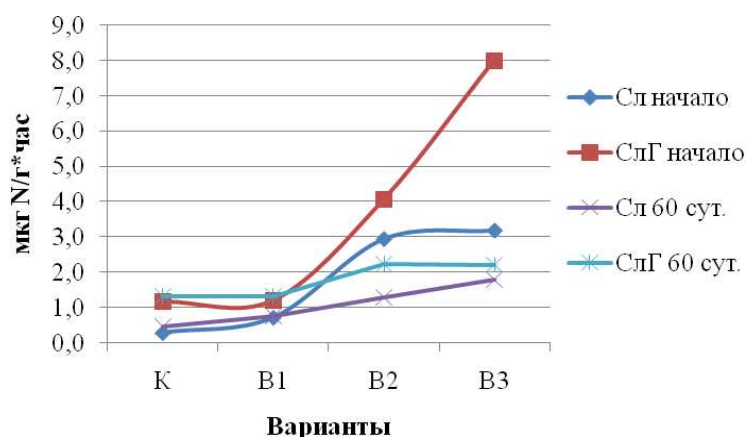


Рис. 2. Изменение уреазной активности почвенных образцов в зависимости от содержания нефтепродуктов и времени инкубации

Внесение гранулята в чистую почву привело к 4-х кратному росту уреазной активности. В вариантах В2 и В3 опыта СлГ гидролазная активность была в 3,4 и 6,8 раз выше, а в В1 была на уровне контроля. Как и в случае с каталазой, внесение гранулята в нефтезагрязненную почву, снижало ингибирующее действие поллютанта, приводило к росту уреазной активности.

Двухмесячное инкубирование почвенных образцов опыта Сл в вариантах В2 и В3 привело к снижению активности фермента (рис. 1). Подобная картина была зарегистрирована и в опыте СлГ. Следует отметить, что, несмотря на снижение активности, в обоих опытах испытанные концентрации НП не приводили к ингибированию гидролазы, во всех вариантах уровень ее активности был выше или на уровне контрольных образцов.

Подводя итоги можно сделать следующие выводы:

1. Внесение гранулята осадка сточных вод МУП «Водоканал» г. Казани в чистую и нефтезагрязненную серую лесную почву из расчета 2% по массе повышает ее каталазную и уреазную активность.

2. Двухмесячная инкубация нефтезагрязненных почвенных образцов с гранулятом ОСВ приводит к росту каталазной активности, не ингибирует их уреазную активность.

3. Гранулят ОСВ обладает протекторными свойствами, его внесение в нефтезагрязненную почву снижает токсическое действие высоких концентраций поллютанта.

4. Использование гранулята при рекультивации нефтезагрязненных почв позволит вторично использовать отходы коммунальных биологических очистных сооружений, повысит экономические показатели проводимых восстановительных мероприятий.

#### **Библиографический список**

1. Биологическая активность и состав микробного пула серой лесной почвы в условиях длительного воздействия нефтяного загрязнения / А. М. Петров, Л. К. Каримуллин, А. А. Вершинин, Т. В. Кузнецова // Российский журнал прикладной экологии. 2018. № 2. С. 26–30.

2. Исследование и оценка физико-химических, токсикологических и микробиологических характеристик гранулята – термически обработанного илового осадка биологических очистных сооружений канализации и научное обоснование направлений его утилизации / Отчет Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан. Казань, 2022. 23 с.

3. ПНД Ф 16.1.2.2.22-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии [Электронный ресурс]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293831/4293831615.htm> (дата обращения: 20.03.2023).

4. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М. : Наука, 2005. 252 с.

## **ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ДЫХАНИЕ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ**

*Э. Х. Сакаева, Д. Р. Юдина*

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
elya2182@mail.ru, dasch.iudina2012@yandex.ru*

В статье рассмотрено влияние нефтяных углеводородов на интенсивность продуцирования углекислого газа загрязненных дерново-подзолистых супесчаных почв. Показана зависимость интенсивности почвенного дыхания от концентрации нефтяных углеводородов и длительности загрязнения.

Ключевые слова: нефтяные углеводороды, масла, почва, почвенное дыхание, углекислый газ



Почва является одним из важных объектов окружающей среды, образуя биохимическую оболочку, которая является важнейшим элементом биосферы. В почвах сконцентрировано большое количество разных живых организмов, продуктов их метаболизма [1]. Основным источником загрязнения почв служит антропогенная деятельность, особенно в местах локализации добычи и переработки нефтяных углеводородов [2]. Почвы совместно с населяющими её организмами имеют свойство сорбировать и накапливать различные органические и неорганические загрязнители. Нефтяные углеводороды способствуют изменению свойств почв, нарушению биоценоза и видового состава организмов [3].

Выделение углекислого газа представляет собой многофункциональное природное явление и является частью круговорота углерода и кислорода. Почвенное дыхание является важным фактором почвообразования и биологической активности почв [4]. Дыхание почвы включает: трансформацию органического вещества и корневое дыхание [5]. Следует отметить, что интенсивность выделения углекислого газа используется как показатель физиологической активности микроорганизмов, биодеструкции загрязняющих веществ и показатель качества и плодородия почв [6]. По почвенному газообмену можно судить о процессах восстановления почвенных характеристик в ходе мероприятий по ремедиации земель.

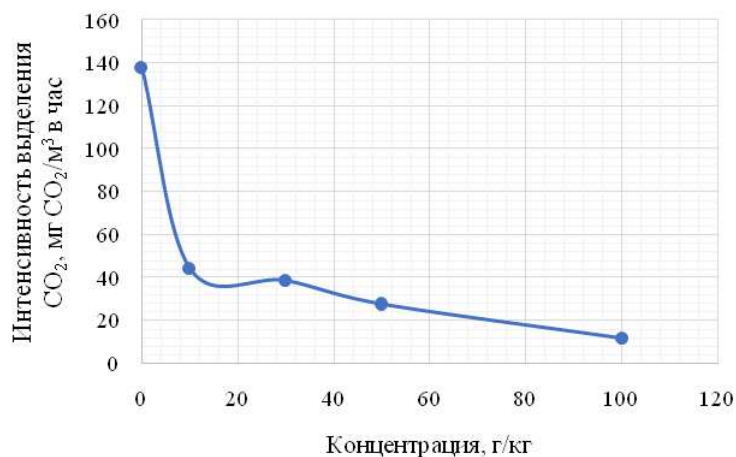
Целью исследования являлась оценка изменения скорости выделения углекислого газа дерново-подзолистой супесчаной почвой при попадании отработанного моторного масла в концентрациях 10, 30, 50 и 100 г/кг и в зависимости от длительности загрязнения.

Скорость выделения углекислого газа из почвы определяли по методу Штатнова. Методика основана на измерении количества углекислого газа, которое выделяется из почвы за 1 час, методом титрования. Интенсивность дыхания выражали в мг  $\text{CO}_2/\text{м}^2$  в час. Статистическая обработка данных интенсивности дыхания проводилась по формуле:

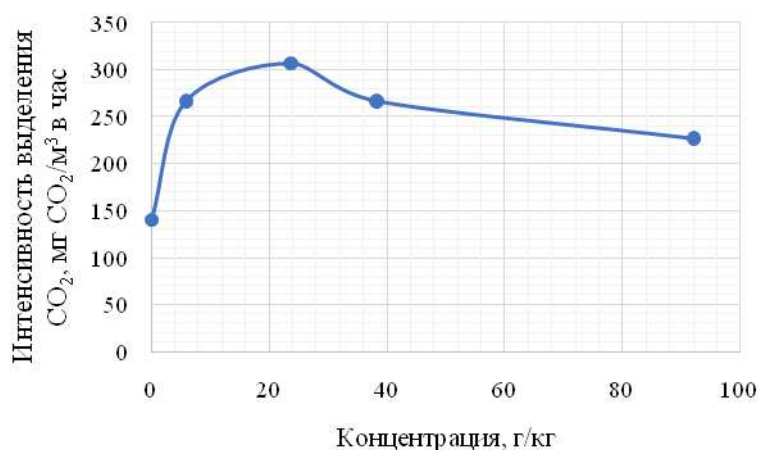
$$D = \frac{(a - b) \times K}{S \times T},$$

где  $a$  – количество 0,1 н HCl, пошедшей на титрование щелочи при холостом определении, мл;  $b$  – количество 0,1 н HCl, пошедшей на титрование щелочи для опытных образцов, мл;  $K$  – коэффициент для перевода мл 0,1 н щелочи в мг  $\text{CO}_2$ , равный 2,2;  $S$  – площадь изолируемой поверхности почвы,  $\text{м}^2$ ;  $T$  – время экспозиции, час [7].

Результаты экспериментальных исследований показали, что при увеличении концентрации нефтяных углеводородов интенсивность выделения  $\text{CO}_2$  снижается. Значения интенсивности продуцирования углекислого газа загрязненной почвой с течением времени представлены ниже (рис.).



а



б

Рис. Зависимость интенсивности выделения CO<sub>2</sub> от концентрации нефтяных углеводородов (а – через неделю, б – через 24 месяца)

После 24 месяцев интенсивность продуцирования углекислого газа загрязненной почвой увеличилась от 3 до 19 раз. Снижение интенсивности выделения CO<sub>2</sub> в первую неделю загрязнения обусловлено токсическим воздействием отработанных моторных масел с присадками путем обволакивания загрязнителем частиц почвы, ограничением доступа кислорода.

Интенсивность дыхания после 24 месяцев во всех образцах почвы, загрязненной отработанными маслами с присадками, оказалось выше, чем в контрольном образце, что подтверждает интенсивное протекание окислительно-восстановительных процессов, восстановление численности микроорганизмов и интенсивное очищение почвы.

Полученные результаты экспериментальных исследований показывают, что при загрязнении почв нефтяными углеводородами интенсивность выделения CO<sub>2</sub> меняется. За длительное время происходит перестройка биоценоза, позволяющая снижать концентрации загрязнения и увеличивать интенсивность продуцирования CO<sub>2</sub>.

#### Библиографический список

1. Ткаченко М. Н. Микробиологическая активность почвы при загрязнении тяжелыми металлами // Научное обеспечение реализации государственных программ АПК и

сельских территорий : материалы междунар. науч.-практ. конференции. Курган : Изд-во Курганская ГСХА, 2017. С. 545–547.

2. Нарманова Р. А., Аппазов Н. О., Керейтбаева Н. С. Загрязнение углеводородами нефти почвы в зоне влияния предприятий нефтяной отрасли // Научный альманах. 2016. Т. 18. № 4–3. С. 425–429. doi: 10.17117/na.2016.04.03.425

3. Смольникова В. В., Шоров Е. З. Особенности воздействия углеводородного загрязнения на физико-химические свойства почв // Достижения вузовской науки. 2016. № 26. С. 185–189.

4. Наумов А. В. Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. 208 с.

5. Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / отв. ред. Г. В. Добровольский. М. : Наука, 2003. 364 с.

6. Устимов Н. Г., Козлякевич Е. Ю. Эколого-физиологическая характеристика почв в окрестностях крупного промышленного города на основе оценки активности почвенного дыхания и ферментов // Человек, экология, культура: современные практики и проблемы : сб. науч. трудов по материалам Междунар. молодежной науч. конф., Саратов, 10–12 апреля 2014 года. Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., 2014. С. 337–342.

7. Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв. Часть II / под ред. С. Г. Малахов. М. : Московское отделение гидрометеориздата, 1984. 51 с.

## **НАПРАВЛЕННОСТЬ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОЧВЕ ПРИ РАЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР**

*А. А. Петров*

*Российский государственный гидрометеорологический университет,  
p.natali-05@mail.ru*

В статье показано влияние технологии возделывания полевых культур на направленность биохимических процессов, протекающих в дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Использование органической и интенсивной технологий обеспечивало получение высокой урожайности культур севооборота и поддерживало биологические показатели плодородия почвы на уровне экстенсивной системы земледелия (контроля).

Ключевые слова: почва, биохимические процессы, целлюлозоразлагающая активность, ферментативная активность, полевые культуры.

Для определения влияния различных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на биологические показатели плодородия почв на опытном поле ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА (д. Бекренево Ярославского района) в 2021 г. был заложен 2-х факторный стационарный полевой опыт. Почва опытного участка – дерново-подзолистая слабogleеватая среднесуглинистая. Перед закладкой опыта почва пахотного горизонта содержала: гумуса – 3,51%, обменного калия – 98,01 мг/кг, легкодоступного фосфора – 266,57 мг/кг почвы. Значение pH в солевой вытяжке было 5,1, гидролитиче-

ская кислотность – 1,65 мг-экв /100 г почвы, степень насыщенности почв основаниями – 87,36%. По содержанию элементов питания почва относится к среднекультуренной и пригодной для возделывания полевых культур. Опыт заложен методом расщепленных делянок с рандомизированным размещением вариантов в повторениях. Повторность опыта 3 кратная.

Схема 2-х факторного стационарного полевого опыта включала:

Фактор А – севооборот. Чередование культур в севообороте: 1. Ячмень с подсевом многолетних трав (клевер полевой + тимофеевка луговая). 2. Многолетние травы 1 г.п. 3. Многолетние травы 2 г.п. 4. Озимые зерновые. 6. Однолетние травы. 7. Яровая пшеница.

Фактор В – технологии возделывания культур. I. Экстенсивная технология возделывания полевых культур (К) – без удобрений и без пестицидов. II. Органическая технология возделывания полевых культур (О) – без минеральных удобрений и пестицидов. В качестве органических удобрений используются сидерат (рапс), солома, последний укос многолетних трав, навоз. III. Интенсивная технология возделывания полевых культур (И) – удобрения вносятся дифференцированно по культурам севооборота и проводится защита растений от болезней, вредителей и сорняков [1].

При проведении исследований изучалась отзывчивость следующих сортов растений: яровая пшеница сорт «Тризо»; овес полевой сорт «Кречет»; клевер сорт «Дымковский»; вика полевая сорт «Ярославская 136»; тимофеевка сорт «Ярославская 11»; ячмень сорт «Яромир».

Органические удобрения не применялись. Внесение комплексного минерального удобрения (азофоска) было проведено на вариантах с интенсивной технологией выращивания полевых культур в норме N60 P60 K60.

В опыте использовались рекомендованные для региона технологические приемы выращивания культур.

В период закладки опыта пахотный горизонт почвы опытного участка отличался низким содержанием гумуса (3,51%), и его содержание не изменилось за первый год ротации севооборота.

Выделение роли изучаемых факторов позволило установить значительное усиление процессов минерализации органического вещества при выращивании однолетних трав. Между остальными выращиваемыми культурами достоверных различий не обнаружено. Можно отметить наметившуюся дифференциацию пахотного горизонта на слои. При выращивании яровой пшеницы большее количество органического вещества находилось в нижнем слое 10–20 см, под остальными культурами в верхнем слое 0–10 см.

Анализируя влияние на свойства почв технологии возделывания, отметим, что несущественному росту содержания органического вещества способствовало выращивание полевых культур по интенсивной технологии по сравнению с экстенсивной. Причем большее количество гумуса было сконцентрировано в нижнем слое пахотного горизонта 10–20 см. Органическая технология способствовала усилению минерализации гумуса.

Для оценки биологической активности почвы и направленности процессов гумусообразования в целом используется активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов [2, 3]. Результаты проведенных исследований (табл. 1) свидетельствуют о слабой активности целлюлозоразлагающей микрофлоры на опытном участке в целом. Низкий уровень биологической активности можно объяснить неблагоприятными почвенными условиями, отличающимися временным избыточным увлажнением и, как следствие, высокой концентрацией окислов железа и алюминия.

Таблица 1

**Целлюлозоразлагающая активность почвы в среднем по изучаемым факторам, % разложения льняного полотна**

Вариант	Слой почвы, см		
	0–10	10–20	0–20
Фактор А. Культура			
Ячмень	9,04	13,6	11,32
Многолетние травы 1. г.п.	6,72	16,51	11,61
Однолетние травы	5,42	12,81	9,11
Яровая пшеница	9,01	11,76	10,38
НСР05	Fф < F05	Fф < F05	Fф < F05
Фактор В. Технология возделывания			
Экстенсивная	7,08	14,04	10,34
Органическая	7,35	15,29	11,32
Интенсивная	8,22	11,67	9,94
НСР05	Fф < F05	Fф < F05	Fф < F05

Из выращиваемых культур сдерживающее воздействие на активность микроорганизмов оказывали однолетние травы. При этом между делянками первого порядка (полевые культуры) значительных различий не обнаружено.

Анализируя изучаемые технологии возделывания можно отметить стимулирующее действие на активность микроорганизмов органической технологии и несколько сдерживающее – интенсивной [4].

По показателю «целлюлозоразлагающая активность почвы» достаточно четко проявилась дифференциация пахотного горизонта на слои. По всем вариантам лучшие условия для жизнедеятельности микроорганизмов складывались в нижнем слое 10–20 см.

Фермент каталаза относится к классу оксидоредуктаз, и катализирует окислительно-восстановительные реакции. В соответствии со шкалой оценки степени обогащенности почв ферментами почва опытного участка имеет слабую степень обеспеченности ферментом каталаза (табл. 2).

В течение всего периода роста культур большая активность каталазы отмечалась под посевом ячменя. Значения показателей ферментативной активности под остальными выращиваемыми культурами были примерно на одном уровне. При этом можно отметить, что более сильное торможение активности каталазы наблюдалось под посевами многолетних трав и яровой пшеницы, под однолетними травами снижение показателя было менее заметным.

Таблица 2

**Динамика каталазной активности почвы в течение вегетации  
полевых культур, мЛ О<sub>2</sub>/г почвы**

Вариант	Начало вегетации	Конец вегетации	В среднем за вегетацию
<b>Фактор А. Культура</b>			
Ячмень	2,43	2,05	2,24
Многолетние травы 1.г.п.	2,15	1,72	1,94
Однолетние травы	2,19	1,93	2,06
Яровая пшеница	2,14	1,78	1,96
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
<b>Фактор В. Технология возделывания</b>			
Экстенсивная	2,24	1,94	2,19
Органическая	2,07	1,93	2,08
Интенсивная	2,08	1,74	1,89
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

При сравнении изучаемых технологий возделывания в среднем по сельскохозяйственным культурам можно отметить более высокую каталазную активность на фоне экстенсивной технологии в течение всего вегетационного периода. Снижению активности фермента в большей степени способствовала интенсивная технология.

Многочисленными исследованиями установлена полная согласованность между показателями биологической активности почвы, степенью гумусированности почв и величиной урожая [5].

В год исследований была проведена уборка ячменя, однолетних трав и яровой пшеницы. Полученные результаты пересчитаны в центнеры кормовых единиц и приведены в таблице 3.

Более высокой продуктивностью обладали посевы однолетних трав, из зерновых культур – ячмень. Более высокую урожайность обеспечивала интенсивная технология выращивания полевых культур.

Таблица 3

**Роль изучаемых технологий выращивания в формировании урожая  
полевых культур, ц.к.ед/га**

Вариант	Урожайность, ц. к. ед/га
<b>Фактор А. Культура</b>	
Ячмень	12,46
Однолетние травы	15,15
Яровая пшеница	9,84
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$
<b>Фактор В. Технология возделывания</b>	
Экстенсивная	8,51
Органическая	9,20
Интенсивная	12,46
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$

Выводы. 1. Выращивание однолетних трав способствует снижению содержания органического вещества в почве и ее целлюлозоразлагающей способности на фоне достаточно интенсивного «дыхания» и каталазной активности.

2. Выращивание яровых зерновых (ячмень и яровая пшеница) и многолетних трав не оказывает существенного негативного воздействия на биологические показатели плодородия и направленность биохимических процессов в почве.

3. При соблюдении интенсивной технологии выращивания полевых культур наблюдается тенденция к накоплению органического вещества при снижении биологической активности почвы.

4. Использование органической технологии при возделывании сельскохозяйственных культур не приводило к достоверным изменениям биологических показателей плодородия почвы, они находились на уровне значений, полученных в образцах с экстенсивной технологией.

5. Корреляционно-регрессионный анализ установил среднюю степень связи между урожайностью полевых культур на фоне изучаемых технологий выращивания и содержанием органического вещества, а также активностью целлюлозоразлагающих микроорганизмов.

6. В условиях вегетационного периода года исследований в среднем наибольшая продуктивность в севообороте была получена у однолетних трав.

7. При применении интенсивной технологии выращивания в среднем по культурам севооборота прибавка урожая составляет 46%.

#### **Библиографический список**

1. Дышко В. Н. Управление плодородием почв. Смоленск, 2014. 87 с.
2. Лошаков В. Г. Зеленое удобрение как биологический фактор сохранения и повышения плодородия почвы // Проблемы развития земледелия в Нечерноземье : материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Белгород, 2016. С. 119–125.
3. Лыков А. М. Гумус и плодородие почвы М. : Московский рабочий, 1985. 192 с.
4. Ковриго В. П., Кауричев И. С., Бурлакова Л. М. Почвоведение с основами геологии. М. : Колос, 2000. 416 с.
5. Берестецкий О. А., Возняковская Ю. М., Доросинский Л. М. Биологические основы плодородия почвы. М. : Колос, 1984. 287 с.

## СВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ АКТУАЛИЗАЦИИ ПДК В ПОЧВЕ

*Л. П. Воронина<sup>1,2</sup>, К. Э. Поногайбо<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления  
медико-биологическими рисками здоровью» ФМБА России,  
LVoronina@cspmtz.ru;*

<sup>2</sup> *МГУ имени М. В. Ломоносова*

В работе обсуждается новый СанПиН 1.2.3685-21. В таблице представлены ПДК ряда химических элементов в почве, которые нуждаются в обязательном указании методов их определения, что позволит повысить информативность, и, следовательно, более корректное их использование в целях экологического контроля.

Ключевые слова: Санитарно-гигиенические нормы и правила (СанПиН), предельно допустимые концентрации (ПДК).

В последнее время вопросы, связанные с оценкой качества жизни (социальные условия, здоровье людей и пр.), рассматриваются с экологических позиций. Мониторинг и контроль состояния объектов окружающей среды базируется на существующих нормах и правилах использования лимитирующих показателей поллютантов, присутствующих в окружающей среде, и значений их нормативов. Данные сведения необходимы по ряду причин и, прежде всего, для получения достоверной информации о возможном негативном влиянии как единичных, так и комплекса факторов на здоровье человека. В связи с этим необходимость в тщательном анализе, проверке и корректировке существующих нормативных значений химических показателей остается актуальной [1].

В настоящее время со стороны государственных органов, научного общества и всех неравнодушных граждан предпринимаются серьезные усилия для сохранения устойчивого, относительно безопасного состояния окружающей среды для человека. В связи с этим формируются новые и редактируются уже существующие нормативные материалы, имеющие юридическую силу и влияющие на экономическое положение. К такого рода документам относят СанПиН. На необходимость редакции существующих санитарно-гигиенических норм и правил (СанПиН) по нормированию химических веществ в почве обращали внимание многие авторы, излагая свои подходы к нормированию допустимого количества тяжелых элементов [2–4].

Мы с большой надеждой ожидали новый СанПиН 1.2.3685-21[5], включающий предельно допустимые концентрации (ПДК) в почве и других средах, надеясь на внесение исправлений с учетом допущенных ошибок в прежних документах, неоднократно подвергавшихся критике со стороны специалистов. Пересмотр предыдущих документов с целью формирования единого,



к сожалению, не привел к ликвидации существующих в них неточностей и ошибок. Документ, который вступил в силу 01.03.2021 года, вызывает множество вопросов и подлежит обязательному, серьезному осмыслению и переработке.

Для правильного использования представленных в документе материалов обязательным условием является расширение информации по методам определения (измерения) концентрации веществ в почве.

В материалах документа сложилась путаница с присутствующими в почве валовыми и подвижными формами элементов. Представляется совершенно недопустимым размещение пункта 18 «Нитраты (по  $\text{NO}_3^-$ )» в таблице 4.1 в разделе «Валовое содержание», так как  $\text{NO}_3^-$  является самой подвижной формой азота в почве. Для того чтобы избежать ошибок необходимо указывать подробные методы определения и способы пробоподготовки почвенного образца (в какой вытяжке из почвы определяли тот или иной элемент). Ссылка на метод будет давать представление о точности результатов и допустимых отклонениях.

Учитывая, что в столбце 5 указываются величины ПДК/ОДК (мг/кг) с учетом фона, ссылка на метод в нормативном документе позволит сопоставить установленные в эксперименте превышения ПДК со значениями фонового содержания этого элемента в почвах, значительно отличающимися в зависимости от местности.

Ошибки, допущенные в определении фоновых значений, приводят к необоснованным штрафам для землевладельцев, отчуждению пригодных сельскохозяйственных земель, ужесточенному контролю по биофильным элементам, ведущему, в конечном итоге, к их дефициту для растений [6–9]. Основные химические элементы из IV раздела СанПиН 1.2.3685-21, нуждающиеся в конкретных ссылках на методы, которые были использованы в ходе их нормирования в почве, представлены в таблице.

*Таблица*

**Предложения по совершенствованию раздела IV СанПиН 1.2.3685-21 «Почва населенных мест и сельскохозяйственных угодий»**

Существующая редакция	Предлагаемая редакция	Примечание
1	2	3
В ряде пунктов необходимо актуализировать значения фона (столбец 5 в СанПиН 1.2.3685-21 «Величина ПДК/ОДК (мг/кг) с учетом фона (кларка)»), которые зачастую могут превышать установленные величины ПДК		
п. 4. Ванадий. В столбце 5 указано значение ПДК – 150 мг/кг	150 + фон (кларк)	Кларк ванадия колеблется от 90 до 300 мг/кг согласно литературным данным
п. 5 Ванадий+марганец В столбце 5 указаны значения ПДК 100 мг/кг +1000 мг/кг	(100 + фон <sub>общ.</sub> (кларк) ванадия) + (1000 + фон <sub>общ.</sub> (кларк) марганца)	Фон необходимо учитывать по каждому элементу. Необходимо также указать в каком случае возникает необходимость в использовании суммарного норматива

Продолжение таблицы

1	2	3
п.8 Марганец. В столбце 5 указано значение ПДК – 1500 мг/кг	1500 + фон (кларк)	Указать нормативную величину + Фон: Кларк Mn – 800 мг/кг; агрохимическая норма содержания – 2000–3000 мг/кг. Необходимо указать метод определения этого элемента в почве, по которому установлено нормативное значение
Мышьяк а) песчаные и супесчаные /2,0 б) кислые (суглинистые и глинистые), рН КСl < 5,5/5,0 в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl > 5,5 /10,0	Мышьяк а) песчаные и супесчаные 2,0+ фон (кларк) б) кислые (суглинистые и глинистые), рН КСl < 5,5 5,0+ фон (кларк) в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl > 5,5 10,0+ фон (кларк)	Скорее всего, фоновое содержание мышьяка не учитывается в представленных значениях ОДК. Необходимо актуализировать информацию о фоновом содержании. Указать метод определения элемента
п.21.Ртуть – 2,1 мг/кг	2,1 + фон	Нормирование выполнено без учета фона/кларка. Следует указать в каком случае возникает необходимость в использовании суммарного норматива
п.23 Свинец + ртуть – 20,0мг/кг +1,0мг/кг	20,0 +1,0 + фон <sub>общ.</sub>	
п.24. Сера – 160,0 мг/кг	160,0 + фон	Биофильный элемент. Кларк – 500 мг/кг. Необходимо указать метод определения в почве
п. 29. Хром шестивалентный – 0,05 мг/кг	0,05 Указать метод, использованный при нормировании элемента.	В природе фоновое содержание 10–100 мг/кг. Необходимо разобраться, каким образом такое значение хрома (в этой форме) попало в раздел «валовое содержание»
Сложилась путаница с валовыми и подвижными формами. Для того, чтобы избежать ошибок, необходимо указывать методы определения и способы пробоподготовки почвенного образца (в какой вытяжке из почвы определяли тот или иной элемент). Необходимо уточнить и включить методы определения ещё для следующих элементов.		
п. 33. Кобальт – 5,0 мг/кг	5,0 Необходимо уточнить метод, что позволит определить форму элемента	Отнесен к подвижной форме. Фон (кларк) может варьировать 7–30 мг/кг

1	2	3
п. 38. Фтор (подвижная форма) – 2,8 мг/кг	2,8 Необходимо уточнить метод, что позволит определить форму элемента	Полная путаница. Скорее всего, ошибки в методе определения фтора в почве. Определение колориметрическим методом с применением сжигания ведет к большим потерям! Ионометрический метод – предел ошибки 3–30 мг/кг
п. 41. Фтор (водорастворимая форма) – 10 мг/кг	10, 0 Необходимо уточнить метод, что позволит определить форму элемента	Ионометрический метод – предел ошибки 3–30 мг/кг
п. 39. Хром трехвалентный – 6,0 мг/кг	6,0 Необходимо уточнить метод, что позволит определить форму элемента	Необходимо сопоставить с хромом шестивалентным

Используя нормативные материалы СанПиН по содержанию химических элементов в почве для расчетов размеров причиненного вреда для объектов окружающей среды [10], необходимо помнить и руководствоваться определением ПДК как величины, которая не только не оказывает негативного влияния на почвы и, следовательно, на человека, но и не приведет к дефициту питательных элементов для сельскохозяйственных растений.

Анализ имеющихся на сегодняшний день данных по процессу нормирования химических элементов (определение значений ПДК) в почве должен осуществляться и обсуждаться комплексно специалистами в разных областях знаний – гигиенистами, почвоведомы, микробиологами, агрохимиками и др., что отмечают многие исследователи.

#### Библиографический список

1. Гололобова Т. В., Юдин С. М. Окружающая среда и здоровье // Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2022. No. 4. P. 3–11.
2. Тяжелые металлы в окружающей среде. Выпуск 2. Новосибирск : ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, 2017. 241 с.
3. Щербо А. П. Об инновациях в эколого-гигиенической защите почв (к проблеме гигиенической концепции охраны почвенного покрова) // Гигиена и санитария. 2011. № 1. С. 13–16.
4. Сысо А. И. Актуальные вопросы гигиенической и биогеохимической оценки качества почв и растительной продукции // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах. 2016. С. 132–142.
5. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и/или безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 15.03.2023).
6. Синдирева А. В. Влияние микроэлементов (Cd, Ni, Zn, Cu, Pb) на химический состав растений в условиях южной лесостепи Омской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. Т. 83. № 9. С. 35–39.
7. Сысо А. И. Актуальные проблемы биогеохимии и агрохимии макро-и микроэлементов в Сибири // Почвенные ресурсы Сибири: вызовы XXI века. 2017. С. 12–15.

8. Овчаренко А. В., Кондобарова Е. А., Козлов В. Г. Анализ болезней растений, вызванных недостатком питательных веществ в почве на примере кукурузы, сахарной свёклы и картофеля // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК. 2022. С. 185–194.

9. Кудеяров В. Н. Оценка питательной деградации пахотных почв России // Вестник Российской академии наук. 2015. Т. 85. № 9. С. 771–771.

10. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды. Приказ Минприроды от 8 июля 2010 года, № 238., с изм. на 25.09.2014 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902227668> (дата обращения: 25.03.2023).

## **ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОТБОРА И ПОДГОТОВКИ ПРОБ ПОЧВ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ МИКРОПЛАСТИКА**

*К. В. Ручкина, О. Э. Мерзляков*  
*Томский государственный университет,*  
*Ruchkinakristina99@mail.ru*

В статье представлены основные правила отбора и подготовки проб почв для детекции микропластика (МП). Описаны схемы, глубина отбора проб, количество и масса образцов почвы. Также описаны меры предотвращения фонового загрязнения образцов почв микропластиком.

Ключевые слова: почвы, отбор проб почв, микропластик, детекция микропластика.

Появление микропластика в окружающей среде вызывает озабоченность во всем мире из-за его широкого использования, медленного разложения, низкой скорости переработки и потенциального риска для экосистемы и здоровья человека. Сложность почвенной матрицы усложняет разработку аналитических методов детекции МП в почве, поэтому на сегодняшний день не существует установленного стандартного метода отбора проб почв.

Однако репрезентативный отбор проб является первым и одним из наиболее важных этапов при анализе МП в почвах, непредставительный отбор приведет к получению неверных данных, не зависящих от надежности последующей обработки и анализа образцов.

Естественно, каждая схема отбора проб должна быть адаптирована к цели исследования, особенно когда имеешь дело с такой неоднородной матрицей, как почва. В связи с этим заранее должны быть учтены: цель исследования, оптимальная площадь и глубина отбора проб почв с учётом истории их использования (например, сельскохозяйственные поля, на которых применялось пластиковое мульчирование), возможные выбросы из точечных (например, мусорные баки, места для пикников и т. д.) или рассеянных источников (таких как близлежащие дороги).

Кроме того, следует определить зоны потенциального накопления: впадины, где может осаждаться МП из поверхностного стока; гребни и изгороди, где скорость ветра замедляется и увеличивается осаждение твердых частиц, переносимых ветром [1].

В зависимости от цели исследования может быть использовано несколько различных подходов к отбору проб:

1. Систематическая выборка по сетке – это распределение точек выборки по узлам регулярного шаблона (например, квадратам или треугольникам). Начальная точка выбирается случайным образом и отсюда определяется ось координат. Затем остальные точки отбора проб размещаются через равные расстояния от этой начальной точки. Этот метод обеспечивает равномерный охват и простоту в применении.

2. Отбор проб на трансекте – одномерный систематический метод отбора проб. Точки отбора проб выбираются через равные промежутки по одной или нескольким прямым линиям. Линии трансекты могут быть параллельны друг другу, но не обязательно. Определение и реализация трансект в полевых условиях проще, чем использовать сетку.

3. Выборка по невыровненной сетке – сочетает в себе преимущества случайной выборки и систематической выборки по сетке. Сетка определена, как указано выше, но точки отбора проб расположены в пределах отсеков сетки случайным образом. Это позволяет обеспечить хорошее покрытие при сохранении случайности.

4. Стратифицированная случайная выборка – это разделение области первоначальной выборки на более мелкие части (страты). Это полезно, если пласты значительно отличаются друг от друга и предполагается, что загрязнение внутри каждого пласта распределено более однородно, чем в месте отбора проб в целом [2].

Пробы могут быть собраны как пробы с одного участка, так и составные пробы.

Принимая во внимание, что микропластик неравномерно распределен в почве, рекомендуется использовать составной отбор проб на сельскохозяйственных полях, то есть пробы из нескольких дискретных участков одной и той же зоны отбора проб объединяются и гомогенизируют в единую пробу.

Отбор проб на одном участке больше подходит для несельскохозяйственных почв или почв, которые менее подвержены антропогенной деятельности [1].

Образцы почвы можно отбирать с помощью лопаты [3] или пробоотборника [4] из нержавеющей стали.

В большинстве исследований образцы почвы отбирают с использованием небольших единиц отбора проб (5 × 5 см, 10 × 10 см, 20 × 20 см) [4, 5], в то время как некоторые исследователи отбирают образцы с использованием единиц выборки большой площади (5 м × 5 м) [3].

Для сельскохозяйственных почв рекомендуется отбор проб на глубину от 0 до 30 см, в пределах пахотного слоя [6].

Для беспашотных полей обычно берут пробы почвы из слоя 0-5 см. Для вспаханной почвы необходимо учитывать вертикальное распределение.

В некоторых исследованиях [7] почва была разделена на два слоя (0–10 и 5–20 см), в то время как в других [8] разделяли почву на три слоя для отбора проб (0–5, 5–20 и 20–40 см).

Глубина отбора проб зависит от глубины вспашки. Хотя считается, что ниже пахотного слоя частицы МП не возникают, так как неизвестно, перемещаются ли они по почве. Однако He et al. [9] обнаружили крупные пластиковые частицы на глубине до 40 см в почве, обработанной на глубину 35 см.

Кроме того, количество проб почвы должно превышать количество, необходимое для детекции микропластика, что позволяет использовать дополнительные аликвоты для таких целей, как повторение анализа, определение физических и физико-химических свойств почв [1].

Из-за неоднородного характера распределения МП большие пробы, взятые в полевых условиях, считаются более репрезентативными. В литературе масса образцов выбиралась произвольно, в диапазоне от 50 г [5] до 4 кг [10].

Если количество отобранных образцов для анализа слишком мало, репрезентативность результатов анализа будет низкой. Напротив, последующая идентификация будет очень трудоемкой и дорогостоящей, когда объем анализа слишком велик [1].

Пока известно слишком мало, чтобы рекомендовать минимальное количество почвы при отборе, но оно должно, по крайней мере, превышать массу или объем эталонной единицы.

Разумной эталонной единицей считается количество единиц на кг (dw). В этом случае пробы, взятые с поля, должны значительно превышать 1 кг, принимая во внимание содержание влаги и расход на дополнительные анализы, которые могут потребоваться, как упоминалось выше.

Предотвращение потенциального фонового загрязнения проб окружающей среды, таких как почва, представляет собой серьезную проблему при анализе на наличие пластиковых частиц.

Поэтому рекомендуют брать контрольные пробы того же типа почвы из близлежащего района, на который менее всего влияет основные источники загрязнения почв МП [11].

Все образцы должны быть перенесены в чистые и маркированные металлические или стеклянные контейнеры с крышками (без пластика) для транспортировки и хранения.

Как правило, следует принимать меры для предотвращения загрязнения образцов МП от инструментов, одежды или окружающего воздуха лабораторий и использовать холостые измерения.

Одежда и лабораторные халаты из 100% хлопка позволяют предотвратить попадание большого количества МП.

Кроме того, должны быть приняты строгие меры предосторожности путем дезинфекции поверхностей, инструментов и оборудования спиртом.

Однако этот метод санитарной обработки не может быть строгим для

устранения загрязнения, и поэтому хорошей альтернативой считается тщательное мытье и ополаскивание лабораторных инструментов и оборудования дистиллированной водой. Рекомендуется использование нитриловых перчаток [12].

Собранные образцы почвы обычно хранятся при температуре 4 °С в лаборатории и перед анализом в большинстве рассмотренных исследований естественным образом высушиваются на воздухе.

В некоторых исследованиях образцы нагревали в печи, чтобы они быстрее высыхали, а 40–70 °С – обычно используемая температура. Однако МП могут деформироваться и разрушаться, когда температура нагрева превышает температуру термической деформации пластика [13]. Поэтому температура, при которой образец нагревается и сушится, чаще всего не должна превышать 50 °С.

Следующим процессом определения микропластика является просеивание сухой пробы почвы. Выбранный размер ячеек сита определяет диапазон количественных размеров частиц МП. Обычно применяются размеры ячеек от 1 мм до 5 мм. Использование одного сита или каскадов сит из двух и трех зависит от цели исследования.

Почва может содержать много сорняков и корней растений, которые трудно очистить. Эти примеси должны быть отфильтрованы или удалены вручную настолько это возможно [14].

Таким образом, для того чтобы избежать недооценки загрязнения почв микропластиком, необходимо правильно выбирать метод отбора и подготовки образцов для детекции МП.

*Работа выполнена в рамках проекта ТГУ Приоритет-2030.*

#### **Библиографический список**

1. Möller J. N., Löder M. G. J., Laforsch C. Finding Microplastics in Soils: A Review of Analytical Methods // Environ. Sci. Technol. 2020. No. 54(4). P. 2078–2090. doi: 10.1021/acs.est.9b04618
2. Сапрыкин А. И. Самойлов П. П. Микро- и нанопластики в окружающей среде (Аналитика, источники, распределение и проблемы экологии) : аналит. обзор. Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2021. 115 с.
3. The occurrence and distribution characteristics of microplastics in the agricultural soils of Shaanxi Province, in north-western China / L. Ding, S. Zhang, X. Wang, X. Yang, C. Zhang, Y. Qi, X. Guo // Sci. Total. Environ. 2020. No. 720. Article No. 137525. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.137525
4. Transfer and transport of microplastics from biosolids to agricultural soils and the wider environment / J. Crossman, R. Hurley, M. Fütter, L. Nizzetto // Sci. Total Environ. 2020. No. 724. Article No. 138334. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138334
5. Predicting soil microplastic concentration using vis-NIR spectroscopy / F. Corradini, H. Bartholomeus, L. Huerta, H. Gertsens, V. Geissen // Sci. Total. Environ. 2019. No. 650. P. 922–932. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.101
6. Microplastics in the soil environment: Occurrence, risks, interactions and fate – A review / B. Xu, F. Liu, Z. Cryder, D. Huang, Z. Lu, Y. He, H. Wang, Z. Lu, P. Brookes, C. Tang, J. Gan, J. Xu // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 2019. Vol. 50. Iss. 21. P. 2175–2222. doi: 10.1080/10643389.2019.1694822

7. Microplastic pollution in vegetable farmlands of suburb Wuhan, central China / Y. Chen, Y. Leng, X. Liu, J. Wang // *Environ. Pollut.* 2020. No. 257. Article No. 113449. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113449.
8. Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment / Y. Huang, Q. Liu, W. Jia, C. Yan, J. Wang // *Environ. Pollut.* 2020. No. 260. Article No. 114096. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114096.
9. Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks / D. He, Y. Luo, S. Lu, M. Liu, Y. Song, L. Lei // *Trends Anal. Chem.* 2018. No. 109. P. 163–172. doi: 10.1016/j.trac.2018.10.006.
10. Microplastics and their potential effects on the aquaculture systems: a critical review / A. Zhou, Y. Zhang, S. Xie, Y. Chen, X. Li, J. Wang, J. Zou // *Rev. Aquacult.* 2021. No. 13. P. 719–733. doi: 10.1111/raq.12496.
11. Sample Preparation Techniques for the Analysis of Microplastics in Soil – A Review / D. Thomas, B. Schütze, W. Heinze, Z. Steinmetz // *Sustainability.* 2020. No. 12. Article No. 9074. doi: 10.3390/su12219074
12. Shanmugam S. D., Praveena S. M., Sarkar B. Quality assessment of research studies on microplastics in soils: A methodological perspective // *Chemosphere.* 2022. No. 296. Article No. 134026. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.134026
13. Microplastics in soil: A review on methods, occurrence, sources, and potential risk / L. Yang, Y. Zhang, S. Kang, Z. Wang, C. Wu // *Sci. Total Environ.* 2021. No. 780. Article No. 146546. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146546
14. Dioses-Salinas D. C., Pizarro-Ortega C. I., De-la-Torre G. E. A methodological approach of the current literature on microplastic contamination in terrestrial environments: Current knowledge and baseline considerations // *Sci. Total Environ.* 2020. No. 730. Article No. 139164. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.13916



## СЕКЦИЯ 5 ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

### РАЗНООБРАЗИЕ ПРОКАРИОТНЫХ СООБЩЕСТВ В ПОЧВАХ ПРИ САМОЗАРАСТАНИИ ЗАСЫПАННОГО ХРАНИЛИЩА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

*И. Г. Широких<sup>1</sup>, Е. В. Дабах<sup>1,2</sup>, Л. В. Кондакова<sup>1,2</sup>, Т. Я. Ашихмина<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения  
Российской академии наук, irgenal@mail.ru*

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

Проведено сравнение филогенетического разнообразия прокариот в разных по гранулометрическому составу и химическим свойствам почвах, формирующихся на грунтах, использованных для засыпки хранилища жидких отходов предприятий химической промышленности, расположенных в долине р. Вятки. В результате высокопроизводительного секвенирования фрагментов гена 16S рРНК по технологии Illumina выполнена оценка сходства и различий изученных сообществ с сообществом прокариот фоновой аллювиальной почвы, отобранной на территории ГПЗ «Нургуш».

Ключевые слова: прокариотное сообщество, таксономический состав, 16S рРНК, секвенирование на платформе Illumina, сравнительное обилие

Актуальность изучения процессов восстановления почвенных микробценозов на территориях, нарушенных хозяйственной деятельностью промышленных предприятий, обусловлена, с одной стороны, ведущей ролью прокариот в почвообразовании и поддержании почвенного гомеостаза, с другой, – постоянным увеличением площади земель, подвергшихся, в той или иной степени, негативным последствиям техногенеза.

Развитие в последние годы молекулярно-генетических методов дает возможность решать задачи экологической оценки техногенного воздействия на окружающую среду, а также направленности и степени восстановления биогеоценоза, включая микробные сообщества почвы [1].

Цель работы – изучение методом высокопроизводительного секвенирования фрагментов гена 16S рРНК филогенетического разнообразия прокариотных сообществ в молодых почвах, формирующихся на засыпанной 10 лет назад территории самозарастающего хвостохранилища жидких отходов химического производства.

Для исследования были взяты образцы почв (условно–почвогрунтов) с трех площадок мониторинга, заложенных в долине реки Вятки в зоне влияния

химических предприятий г. Кирово-Чепецка на территории бывшего хранилища отходов под разной растительностью: злаково-бобовая ассоциация; злаковая ассоциация, плотная тростниковая ассоциация. Почвы различаются по гранулометрическому составу (суглинок; супесь 1, подстилаемая карбонатным суглинком; супесь 2), содержанию органического углерода (1,65, 4,6 и 2,84% соответственно), ионов азотной группы (5,4, 260 и 10,2 мг/кг N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), тяжелых металлов (в образце супеси 1, подстилаемой карбонатным суглинком, выявлено высокое содержание Sr – 397 мг/кг). Все образцы характеризовались нейтральной реакцией (pH<sub>H2O</sub> 7,2; 7,3; 6,7 соответственно) [2]. Одна из площадок (супесь 2) отличалась избыточным увлажнением. В качестве фона для сравнения был взят образец ненарушенной аллювиальной почвы, отобранный на территории 102 квартала ГПЗ «Нургуш» в пойме р. Вятки. Все образцы для филогенетического анализа были отобраны из поверхностного слоя почв (0–5 см).

Метагеномный анализ сообществ прокариот был выполнен в ЦКП «Геномные технологии и клеточная биология» ФГБНУ ВНИИСХМ. Выделение и очистку ДНК осуществляли в соответствии с методикой, разработанной во ВНИИСХМ [3]. Очищенный препарат ДНК использовали в качестве матрицы в реакции ПЦР с универсальными праймерами к варибельному участку V4 гена 16S рНК F515 GTGCCAGCMG-CCGCGGТАА и R806 GGACTACVSGGG-TATCTAAT [4]. Подготовку проб и секвенирование проводили на приборе GS Junior (Roche, США) согласно рекомендациям производителя. Производилось не менее 20 000 прочтений для каждой ампликонной библиотеки.

Обработка данных секвенирования проведена с использованием автоматизированного алгоритма QIIME [5] и базы данных SILVA Release 138. Таксономическую структуру сообщества оценивали по удельной численности ОТЕ (операционных таксономических единиц), отнесенных к разным таксонам.

В сообществах исследуемых образцов преобладал домен Bacteria, однако Archaea составлял значительную долю микробиома и был представлен филумом Crenarchaeota. По результатам анализа таксономического состава архейные сиквенсы обнаружены в образцах как фоновой почвы (5,1% от всех ридов), так и в каждом из анализируемых сообществ почвогрунтов (от 0,6 до 6,7%). ОТЕ архей классифицированы на уровне родов как *Nitrososphaera* sp. и «*Candidatus Nitrocosmicus*». Это окисляющие аммиак археи, которые наряду с нитрифицирующими бактериями играют важную роль в биогеохимическом цикле азота. Если в сообществе фоновой почвы обнаружены последовательности, отнесенные к тому и другому таксону, то в сообществах почвогрунтов выявлен только *Nitrososphaera* sp. (от 0,5 до 5,0%). Другие филогенетически близкие к *Nitrososphaera* sp. археи ранее были обнаружены в болотах, микробных матах, пресноводных отложениях, глубоководных морских отложениях и регионах с высоким уровнем аммиака и других источников азота [6].

В таксономическом составе домена Bacteria из почвогрунтов обнаружены представители от 12 (под тростником на супеси) до 16 (под злаково-бобовой ассоциацией на суглинке) филумов, тогда как количество бактериальных филумов в фоновой почве не превышало 11. В сообществах всех образцов доминировали филумы Actinobacteria (19,2%), Proteobacteria (17,4%), Bacteroidetes (6,1%), Firmicutes (2,9%), Acidobacteria (2,7%) и Cyanobacteria (2,3%) (рис.).

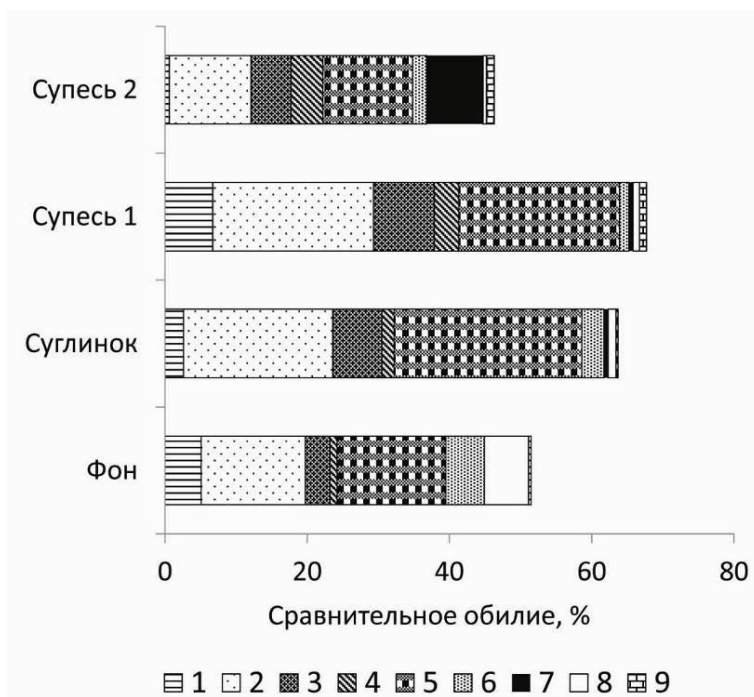


Рис. Сравнительное обилие доменов и доминирующих филумов прокариот в сообществах разных образцов: 1 – Archaea, 2 – Proteobacteria, 3 – Bacteroidetes, 4 – Acidobacteria, 5 – Actinobacteria, 6 – Firmicutes, 7 – Cyanobacteria, 8 – Verrucomicrobiota, 9 – Planctomycetota

Для почвенных сообществ такая картина в целом типична. Присутствие в значительных количествах представителей Actinobacteria, Bacteroidetes, Proteobacteria отмечено в разных по генезису типах почв [7, 8].

Содержание Proteobacteria от общего числа классифицированных последовательностей в сообществах варьировало в зависимости от характера образца: от 11,5% под тростниковой ассоциацией в супеси 2 с избыточным увлажнением до 22,6% под злаковой ассоциацией в супеси 1, подстилаемой карбонатным суглинком. Протеобактерии включали классы Alphaproteobacteria и Gammaproteobacteria. Наиболее многочисленными ОТЕ  $\alpha$ -протеобактерий были классифицированы на уровне порядков – Rhizobiales и Sphingomonadales. Среди  $\gamma$ -протеобактерий последовательности соотносились в основном с двумя порядками – Burkholderiales и Pseudomonadales.

В каждом образце почвогрунтов от 12,6 до 26,4% ОТЕ принадлежали бактериям филума Actinobacteria, наиболее многочисленными из которых были представители порядков Micrococcales (3,0–8,5%), Propionibacteriales

(2,6–4,1%), Microtrichales (1,6–2,8%), Frankiales (0,7–2,0%). В меньших количествах были обнаружены ОТЕ, соотношенные с порядками Streptomycetales, Micromonosporales, Pseudonocardiales. В насыпных грунтах с высокими значениями рН (7,2–7,3) сравнительное обилие актинобактерий было значительно выше (22,0–26,4%), чем в более кислых (рН<sub>вод.</sub> 6,7) субстратах (12,6–15,3%).

ОТЕ, представляющие филум Bacteroidetes, встречались во всех образцах в количестве от 3,5 (фон) до 5,6–8,6% (почвогрунты) от общего количества последовательностей. Среди них преобладали представители семейств *Chitinophagaceae*, *Microscillaceae* и *Flavobacteriaceae*. Риды филума Firmicutes составляли от 1,3 до 5,4% в каждом из сравниваемых сообществ, большинство из которых представляли классы Clostridia и Bacilli.

На долю филума Acidobacteriota приходилось от 1 до 4,5% классифицированных последовательностей. Последовательности, отнесенные к этому филуму, принадлежали в основном к классу Thermoanaerobaculia и семейству Blastocatellaceae.

Доля ОТЕ филума Cyanobacteria в сообществах почвогрунтов изменялась от 0,6 до 7,9% при переходе от участков с умеренным увлажнением к избыточному, в фоновой почве данные последовательности не обнаружены.

При сравнении сообществ фоновой почвы и насыпных почвогрунтов на уровне высших таксонов – филумов, классов и порядков – значимых различий в составе таксонов и их количественной представленности не выявлено. На уровнях семейств и родов наблюдалась определенная специфичность бактериальных сообществ, связанная с гранулометрическим составом и химическими свойствами субстратов. Анализ филогенетического разнообразия прокариотных сообществ насыпных почвогрунтов и фоновой почвы будет продолжен с привлечением методов биоинформатики.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги», номер государственной регистрации в ЕГИСУ № 122040100032-5.*

#### **Библиографический список**

1. Семенов М. В. Метабаркодинг и метагеномика в почвенно-экологических исследованиях: успехи, проблемы и возможности // Журнал общей биологии. 2019. Т. 80. № 6. С. 403–417.
2. Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Мониторинг альго-цианобактериальных сообществ на техногенной территории // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 84–90. doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-084-090
3. Научно-методические рекомендации по выделению высокоочищенных препаратов ДНК из объектов окружающей среды : методические указания / Е. Е. Андронов, А. Г. Пинаев, Е. В. Першина, Е. П. Чижевская. СПб. : Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, 2011. 23 с.
4. Examining the global distribution of dominant archaeal populations in soil / S. T Bates., D. Berg-Lyons, J. G. Caporaso, W. A Walters., R. Knight, N. Fierer // The ISME journal. 2011. Vol. 5. No. 5. P. 908–917.

5. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data / J. G. Caporaso, J. Kuczynski, J. Stombaugh, K. Bittinger, F. D. Bushman, E. K. Costello, N. Fierer, A. G. Peña, J. K. Goodrich, J. I. Gordon, G. A. Huttley, S. T. Kelley, D. Knights, J. E. Koenig, R. E. Ley, C. A. Lozupone, D. McDonald, B. D. Muegge, M. Pirrung, J. Reeder, J. R. Sevinsky, P. J. Turnbaugh, W. A. Walters, J. Widmann, T. Yatsunenko, J. Zaneveld, R. Knight // *Nat. Meth.* 2010. Vol. 7. P. 335–336. doi.org/10.1038/nmeth.f.303

6. *Nitrosopumilus maritimus* genome reveals unique mechanisms for nitrification and autotrophy in globally distributed marine crenarchaea / C. B. Walker, J. R. de la Torre, M. G. Klotz, H. Urakawa, N. Pinel, D. J. Arp, et al. // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2010. Vol. 107 (19). P. 8818–8823.

7. Таксономическая структура микробных сообществ в почвах различных типов по данным высокопроизводительного секвенирования библиотек гена 16S рРНК / Е. Л. Чирак, Е. В. Першина, А. С. Дольник, О. В. Кутовая, Е. С. Василенко, Б. М. Когут., Е. Е. Андронов // *Сельскохозяйственная биология.* 2013. № 3. С. 100–109.

8. Таксономическая структура прокариотных сообществ почв разных биоклиматических зон / И. А. Тихонович, Т. И. Чернов, А. Д. Железова, А. К. Тхакахова, Е. Е. Андронов, О. В. Кутовая // *Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева.* 2018. Т. 95. С. 125–153.

## ЦИАНОПРОКАРИОТЫ ТИПИЧНОГО И КАРБОНАТНОГО ЧЕРНОЗЕМОВ МОЛДОВЫ

*Д. Д. Индоиту*

*Институт микробиологии и биотехнологии  
Технического университета Молдовы, diana.indoitu@imb.utm.md*

В статье представлены данные о структуре цианобактериального сообщества типичного и карбонатного чернозёмов, полученные в результате метагеномного анализа. Исследования проводились в длительных полевых опытах с органическими и минеральными удобрениями, а также с внесением растительных остатков для оценки состояния данных почв. Определен состав, разнообразие цианобактерий, а также наиболее чувствительные к внесению удобрений и растительных остатков таксоны.

Ключевые слова: цианобактерии, 16S рРНК, почвенный микробиом, удобрения, растительные остатки.

Цианобактерии (ЦБ) являются древнейшими кислородными фототрофными микроорганизмами и населяют почти все места обитания на Земле [1, 2]. ЦБ играют важную роль в почве, они являются первичными продуцентами органического вещества, фиксируют атмосферный азот, повышают доступность фосфора и других элементов, положительно влияют на структуру почвы и оказывают противозерозионную деятельность, а также влияют на удержание влаги в почве, что особенно актуально для Молдовы. Таким образом, ЦБ обуславливают повышение плодородия почвы [3, 4].

В данной работе исследовались чернозёмы двух длительных стационарных полевых опытов Центральной зоны Молдовы: типичный чернозём

станции «Биотрон» (с 1995 г.), г. Кишинёв и карбонатный чернозём станции «Кетросы» (с 1950–1952 г.), с. Кетросы, район Новые Анены.

Типичный чернозём слабогумусный характеризовался содержанием гумуса в слое 0–60 см от 2,2 до 3,4%. В слое 0–20 см содержание подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) по Мачигину составляло 3,70 мг/100 г почвы, обменного калия ( $K_2O$ ) – 19,10 мг/100 г почвы. Сумма поглощенных оснований в слое 0–50 см составляла 28–30 мг-экв./100 г почвы, реакция почвенной среды слабощелочная (рН 7,8). Удельный вес почвы – 2,6 г/см<sup>3</sup>, порозность – 50–60%, объемная масса – 1,06–1,30 г/см<sup>3</sup>.

Мицелярно-карбонатный чернозём среднесуглинистый характеризовался при закладке опыта содержанием гумуса 2,2–2,5%, азота – 0,13–0,20%, карбонатов в пахотном слое – 1,5–2,4%, в слое 0–20 см – 1,8–2,2%. Содержание  $P_2O_5$  по Мачигину составляло 0,8–1,5 мг/100 г почвы,  $K_2O$  – 18–22 мг/100 г почвы. Карбонатный чернозем отличался повышенной микробиологической активностью (аммонификация, нитрификация).

Центральная зона Молдовы имеет континентальный климат, количество осадков колеблется от 246 до 550 мм в год, в среднем составляет 449 мм, засухи случаются раз в три – четыре года.

Изучались следующие варианты полевых севооборотов: 1. выращивание сельскохозяйственных культур без внесения удобрений со дня закладки опыта (с 1995 г. и с 1950 г. соответственно); 2. длительное внесение органических удобрений (полуперепревший навоза); 3. длительное внесение минеральных удобрений. На карбонатном чернозёме также на фоне указанных выше вариантов изучалось влияние растительных остатков и всей побочной продукции выращиваемых в севообороте культур (заделывание в почву, на минеральном фоне вносились минимальные дозы удобрений).

Севооборот на типичном чернозёме №1 семипольный (с люцерной): люцерна (1-й год) – люцерна (2-й год) – люцерна (3-й год) – озимая пшеница – тритикале – соя или горох на зерно – озимая пшеница. Севооборот на типичном чернозёме №2 (без люцерны): кормовая свекла – соя или горох на зерно – кукуруза на силос – озимая пшеница – тритикале – соя или горох на зерно – озимая пшеница. Севооборот на карбонатном чернозёме восьмипольный: кукуруза на зерно – горох – озимая пшеница – озимая пшеница – кукуруза на зерно – горох – озимая пшеница – подсолнечник.

Метагеномный анализ проводился с использованием оборудования ЦКП «Геномные технологии, протеомика и клеточная биология» ФГБНУ ВНИИСХМ, Россия. Секвенирование генов 16S рРНК осуществлялось с помощью генетического анализатора MiSeq от Illumina (США), таксономическая идентификация – с помощью базы данных RDP (SILVA, <https://www.arb-silva.de/>), классификация уточнена с помощью базы данных Национального центра биотехнологической информации США (NCBI, National Center for Biotechnology Information, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy>) и базы данных LPSN (The List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature, <https://lpsn.dsmz.de/>), которая соответствует требованиям таксономии и поста-

новлениям Международного кодекса номенклатуры прокариот (ICNP) [5].

Исследования выполнялись в рамках проекта №20.80009.5107 «Эффективное использование почвенных ресурсов и микробного разнообразия за счет применения элементов биологического (органического) земледелия».

На протяжении всего периода исследований (3 года) в типичном чернозёме были обнаружены представители только одного класса цианопрокариот – *Cyanophyceae* (табл.). Из 10–11 порядков данного класса (количество варьирует в разных базах данных), в типичном чернозёме были выявлены таксоны следующих порядков: *Nostocales*, *Cyanobacteriales*, *Synechococcales* / *Pseudanabaenales*, *Oscillatoriales*. Были обнаружены и неклассифицированные таксоны класса *Cyanophyceae*.

В карбонатном чернозёме также были обнаружены в основном таксоны, относящиеся только к классу *Cyanophyceae* и к 3 порядкам: *Oscillatoriales*, *Nostocales*, *Synechococcales*.

В типичном и карбонатном чернозёмах ЦБ порядка *Oscillatoriales* были представлены таксонами разного семейства и рода: *Phormidium* SAG 37,90 был обнаружен в типичном чернозёме, а *Tychonema bourrellyi* ССАР 1459/11В – в карбонатном чернозёме. Только *Cyanobium* РСС-6307 и неклассифицированные *Nostocaceae* присутствовали как в типичном, так и в карбонатном чернозёмах.

Разнообразие сообществ ЦБ различалось на исследуемых вариантах. За весь период исследований, в типичном чернозёме неклассифицированные таксоны порядка *Cyanobacteriales* доминировали на удобренных вариантах севооборота без люцерны, неклассифицированные таксоны класса *Cyanophyceae* также доминировали в севообороте без люцерны. ЦБ рода *Phormidium* SAG 37,90 доминировали в севообороте с люцерной. В карбонатном чернозёме лидировал род *Tychonema bourrellyi* ССАР 1459/11В в слое 0–20 см фона с длительным применением органических удобрений (рис.).

При длительном выращивании сельскохозяйственных культур в полевом севообороте без внесения каких-либо удобрений в слое 0-20 см карбонатного чернозёма не было обнаружено ни одного таксона цианобактериального сообщества (рис.). В слое 20-40 см были обнаружены неклассифицированные таксоны семейства *Nostocaceae* и таксоны рода *Cyanobium* РСС-6307. На фоне с длительным применением минеральных удобрений не было обнаружено ни одного представителя цианопрокариот, причём как в слое 0-20 см, так и в слое 20–40 см.

Таблица

## Таксономическая структура цианобактерий типичного и карбонатного чернозёмов

Почва	Филум	Класс	Порядок	Семейство	Род / Вид
типичный чернозём	Cyanobacteria* / <b>Cyanobacteriota**</b>	Cyanobacteriia* / <b>Cyanophyceae**</b>	Cyanobacteriales* / <b>Nostocales**</b>	Nostocaceae*,**	Неклассифицированные <i>Nostocaceae</i>
			Cyanobacteriales**	Неклассифицированные <i>Cyanobacteriales</i>	Другие
			Phormidesmiales* / Synechococcales** / <b>Pseudanabaenales</b>	Nodosilineaceae* / Leptolyngbyaceae** / <b>Prochlorotrichaceae</b>	Nodosilinea
			Synechococcales*	Cyanobiaceae* / Prochlorococcaceae	Cyanobium PCC-6307
			Охуphotobacteria Incertae Sedis* / Synechococcales** / <b>Pseudanabaenales</b>	Неизвестное семейство* / <b>Leptolyngbyaceae**</b>	Leptolyngbya EcFYyuy- 00
			Oscillatoriales**	Неизвестное семейство* / Phormidiaceae** / <b>Oscillatoriaceae</b>	Phormidium SAG 37,90
			Неклассифицированные Cyanobacteriia* / <b>Cyanophyceae**</b>	Другие	Другие
карбонатный чернозём	Cyanobacteria* / <b>Cyanobacteriota**</b>	Cyanobacteriia* / <b>Cyanophyceae**</b>	Cyanobacteriales* / <b>Oscillatoriales**</b>	Phormidiaceae* / <b>Microcoleaceae**</b>	Tychonema bourrellyi CCAP 1459/11B
			Cyanobacteriales* / <b>Nostocales**</b>	Nostocaceae	Неклассифицированные <i>Nostocaceae</i>
			Synechococcales*	Cyanobiaceae* / Prochlorococcaceae	Cyanobium PCC-6307
	Cyanobacteria* / Pseudomonadota** / <b>Candidatus Melainabacteria</b>	Vampirivibrionia* / Oligoflexia**	<b>Vampirovibrionales*</b> / Bdellovibrionales**	Vampirovibrionaceae* / Pseudobdellovibrionaceae**	Vampirovibrio

Примечание: \* – классификация в базе данных SILVA, \*\* – классификация в базе данных LPSN, жирным шрифтом – классификация в базе данных NCBI



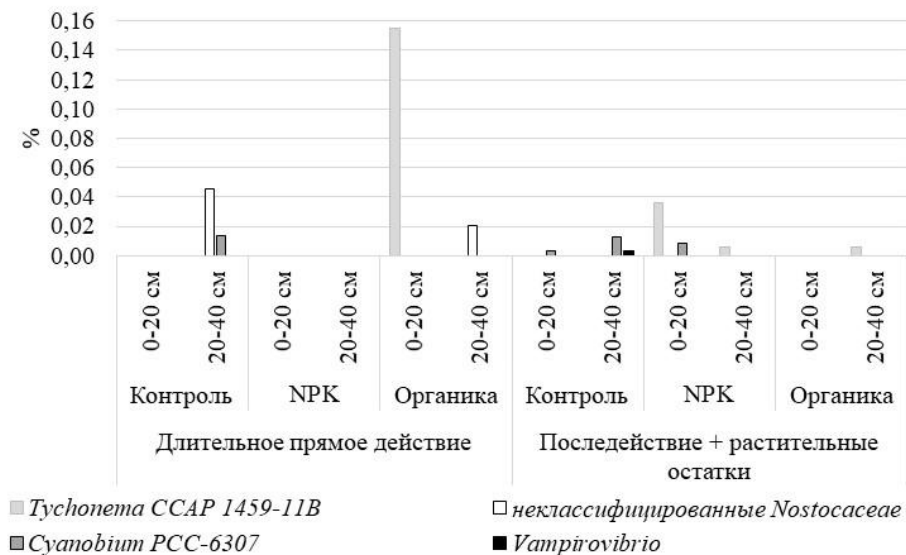


Рис. Разнообразие цианобактериального сообщества карбонатного чернозёма на уровне рода

В слое 0–20 см варианта с длительным применением органических удобрений на карбонатном чернозёме род *Tychonema bourrellyi* ССАР 1459/11В лидировал, а в слое 20–40 см того же варианта уже были обнаружены только неклассифицированные таксоны семейства *Nostocaceae*.

На варианте с дальнейшим длительным возделыванием на карбонатном чернозёме полевых культур без применения удобрений, но с заделыванием в почву всех растительных остатков и побочной продукции, были обнаружены ЦБ рода *Cyanobium* РСС-6307. Доля представителей этого рода была невысока, но они присутствовали как в слое 0–20 см, так и в слое 20–40 см. Использование растительных остатков благоприятно повлияло на цианобактериальное сообщество карбонатного чернозёма на фоне с последствием длительного систематического применения минеральных удобрений и действием минимальных доз. Заделывание растительных остатков на фоне с длительным последствием органических удобрений отрицательно сказалось на структуре цианопрокариот карбонатного чернозёма.

Проведённые исследования показали благоприятное влияние систематического применения органических удобрений, и, в свою очередь, угнетающее влияние систематического применения минеральных удобрений на цианобактериальное сообщество карбонатного чернозёма.

Заделывание растительных остатков и побочной продукции в почву положительно повлияло на цианопрокариотное сообщество карбонатного чернозёма, но этот приём не способен заменить применение органических удобрений.

#### Библиографический список

1. Whitton B. A, Potts M. Introduction to the cyanobacteria. The ecology of cyanobacteria: their diversity in time and space. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. P. 1–11.

2. Abed R. M. M., Garcia-Pichel F. Long-term compositional changes after transplant in a microbial mat cyanobacterial community revealed using a polyphasic approach // *Environ. Microbiol.* 2001. No. 3. P. 53–62. doi.org: 10.1046/j.1462-2920.2001.00159.x
3. Cyanobacteria Inoculation Improves Soil Stability and Fertility on Different Textured Soils: Gaining Insights for Applicability in Soil Restoration / S. Chamizo, G. Mugnai, F. Rossi, G. Certini, R. De Philippis // *Front. Environ. Sci.* 2018. Vol. 6. P. 1–14. doi: 10.3389/fenvs.2018.00049
4. Панкратова Е. М. Участие синезеленых азотфиксирующих водорослей в накоплении азота в почве // *Микробиология и научно-технический прогресс* : Тез. докл.- Минск, 1971. С. 78–80.
5. Большев Н. Н. Водоросли и их роль в образовании почв. М. : Изд-во МГУ, 1968. 84 с.
6. Rastogi R. P., Sinha R. P. Biotechnological and industrial significance of cyanobacterial secondary metabolites // *Biotech. Adv.* 2009. No. 27. P. 521–539.
7. Cyanobacteria as a «green» option for sustainable agriculture / R. Prasanna, A. Sood, S. K. Ratha, P. K. Singh // *Cyanobacteria: an economic perspective* / ed. by N. K. Sharma, A. K. Rai, L. J. Sta. 2014. P. 145–166.
8. List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature (LPSN) moves to the DSMZ / A. C. Parte, J. Sardà Carbasse, J. P. Meier-Kolthoff, L. C. Reimer, M. Göker // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology.* 2020. No. 70. P. 5607–5612. doi: 10.1093/nar/gkt1111

## ИЗУЧЕНИЕ БИОЦЕНОЗА БИОПЛЕНКИ ИЗ СИСТЕМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ

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

<sup>1</sup> *ФАНЦ Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,*

<sup>2</sup> *ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, irgenal@mail.ru*

Методами световой микроскопии показано, что центрами образования биоплёнок в системе очистки воды являются слизистые капсулы нитчатых бактерий *Sphaerotilus natans* и железобактерии, широко распространенные в водных экосистемах. В составе биоплёнки присутствуют железобактерии *Leptothrix ochraceae*, кокковидные и палочковидные бактерии, предположительно *Bacillus subtilis*, слизистые бактерии *Zooglea ramigera*, а также представители Protozoa – инфузории *Epistylis* sp. и *Paramecium caudatum*.

Ключевые слова: система водоочистки, биопленка, железобактерии, нитчатые бактерии

При очистке воды на станциях подготовки питьевой воды, в системах распределения, а также в технологических процессах получения очищенной воды для использования в промышленности возникает проблема появления биопленок, которые встречаются повсеместно на погруженных предметах и затопленных поверхностях [1]. Их образование и деятельность нежелательны, поскольку микроорганизмы могут ухудшить качество воды, а отделяющиеся, при чрезмерном разрастании, фрагменты биопленок приводят к нарушению

технологического процесса очистки [2]. Разрастание биопленок приводит к затягиванию зеркала поверхности воды и затруднению или невозможности процесса освобождения воды от пузырьков воздуха и газов, находящихся в исходной воде [3]. Как следствие, возникает нарушение гидродинамического режима в осветлителях, что ведет к снижению производительности или полному прекращению их работы. Также вынос плавающих пластов биопленок на поверхность приводит к невозможности контроля качества очистки воды и, как следствие, к нарушениям технологического режима. В связи с этим актуальным вопросом является изучение морфологического состава многовидовых популяций биопленки, формирующейся в системе предварительной очистки воды для разработки мер предупреждения и противодействия этому явлению.

Объектами исследования служили два образца биопленок: 1) свободно плавающей на водном зеркале; 2) с поверхности отстойников на водозаборе. В течение 4-х часов пробы были доставлены в лабораторию, где проводили их микробиологический анализ.

Из образцов биоплёнок были приготовлены «живые» и фиксированные, окрашенные фуксином препараты для микроскопического исследования. Препараты изучали под световым микроскопом Leica 2500D при увеличениях  $\times 100$ ,  $\times 400$  и  $\times 1000$  (рис. 1).

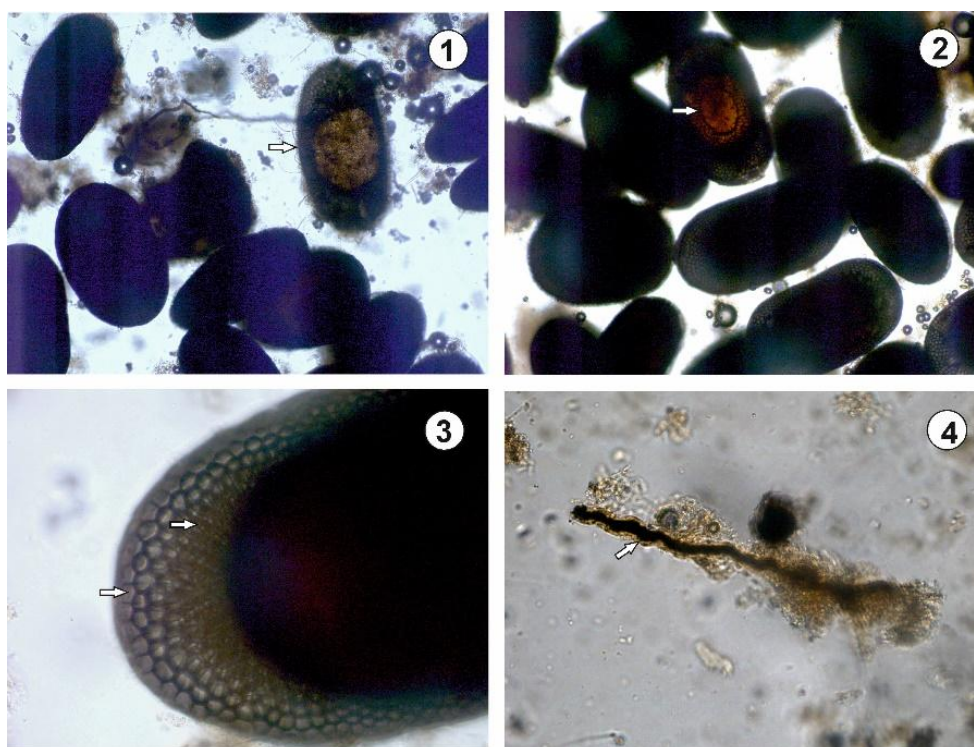


Рис. 1. Микроскопическая картина биоплёнок образца № 1 (живой препарат): 1 – глобулы коагулированной микробной биомассы ( $\times 100$ ); 2 – микробная биомасса в центре глобулы ( $\times 100$ ); 3 – глобула при увеличении  $\times 400$ , ячеистая структура по краям глобулы, биомасса в центре; 4 – железобактерия ( $\times 400$ )

В образце 1, при увеличении  $\times 100$ , были обнаружены овальные образования тёмного цвета. Некоторые глобулы просвечивали, и тогда была чётко видна ячеистая структура по краям глобулы и хорошо выраженная центральная часть. Очевидно, глобулы являются результатом действия коагулянтов и представляют собой скопление микробной биомассы и органического вещества (центр глобулы), окружённое пузырьками воздуха под известковой плёнкой. Благодаря пузырькам воздуха, глобулы обладают плавучестью и поэтому скапливаются на поверхности воды. Между глобулами были обнаружены клетки железобактерий, на поверхности которых адсорбировалась окись железа и органическое вещество.

В препаратах из образца №2 выявлено диффузное органическое вещество, в котором хорошо заметны слизистые капсулы нитчатых бактерий *Sphaerotilus natans* и железобактерии, широко распространённые в водных экосистемах [4] (рис. 2). На слизистых чехлах *S. natans* адсорбированы оксиды железа и марганца, прикрепляются клетки других бактерий, задерживаются коллоидные частицы органического вещества, поэтому они являются центрами образования биоплёнок.

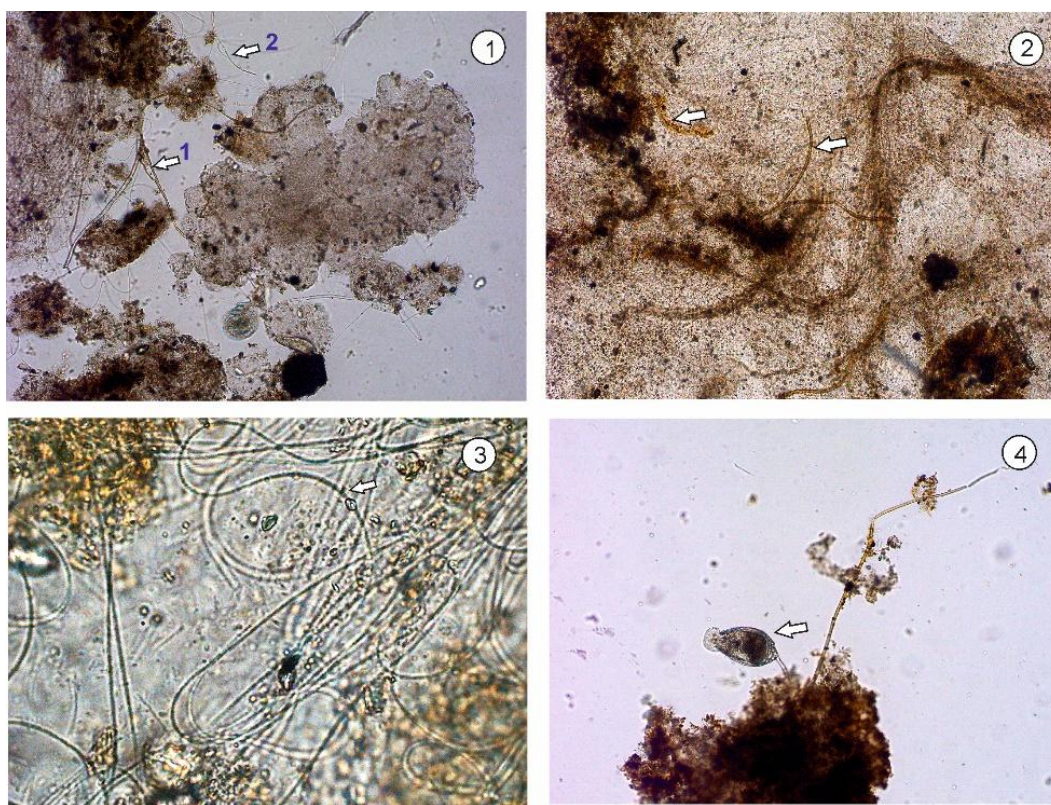


Рис. 2. Микроскопическая картина биоплёнок образца №2 (живой препарат):  
 1 – органическое вещество и железобактерии (1) и нитчатые бактерии *Sphaerotilus natans* ( $\times 100$ ); 2 – железобактерии и органическое вещество ( $\times 100$ ); 3 – *S. natans* ( $\times 1000$ ); 4 – стебельковая инфузория *Epistylis* sp. ( $\times 100$ )

Поскольку вода, перед тем как поступить в реактор, подвергается нагреванию до  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то при исследовании морфоструктуры сообщества биопленки, пробу воды № 2 (взятую на водозаборе) так же инкубировали при

этой температуре. Уже через 48 часов на поверхности воды отмечено появление темных биоплёнок с рыжеватым оттенком (рис. 3).

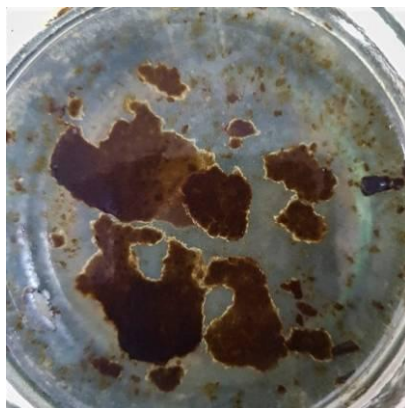


Рис. 3. Биоплёнки, появившиеся после инкубации образца воды № 2 при 30 °С

Микроскопия показала, что в составе биоплёнки присутствуют железобактерии *Leptothrix ochraceae*, *Sphaerotilus natans* [3], палочковидные и кокковидные бактерии, а также инфузории, плавающие между бактериальными нитями (рис. 4).



Рис. 4. Микроскопическая картина бактериальной биоплёнки: 1 – биомасса *Leptothrix ochraceae* (1), инфузории *Paramecium caudatum* (2) также видны нити *S. natans*, увеличение  $\times 100$ ; 2 – чехлы железобактерий, покрытые оксидами железа и марганца, увеличение  $\times 1000$

На фиксированных препаратах, окрашенных фуксином, чётко видны скопления железобактерий *L. ochraceae* (1), погибшая в результате фиксации клетка инфузории *P. caudatum* (2) и скопление нитей трихоцист (3), выпущенных инфузorieй на стресс, вызванный фиксацией препарата (рис. 5).

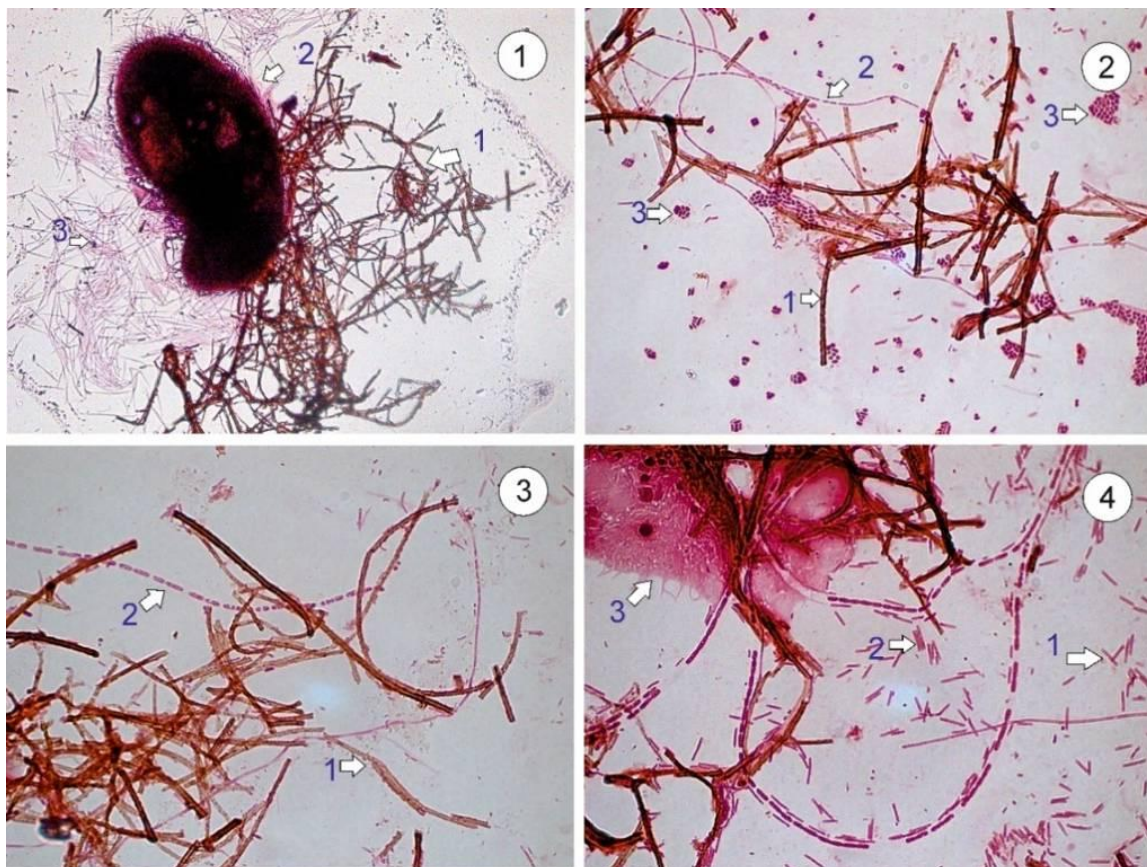


Рис. 5. Компоненты сообщества биоплёнок: 1 – инфузория и железобактерии,  $\times 400$ ; 2 – нитчатые бактерии и кокковидные клетки (см. текст),  $\times 1000$ ; 3 – чехлы железобактерий,  $\times 1000$ ; 4 – формирование биоплёнок,  $\times 1000$  (пояснения в тексте)

Заметим, что трихоцисты также могут играть роль матричной основы биоплёнок [5]. Отмечены также железобактерии и их пустые чехлы (1), нитчатые бактерии *S. natans* (2) и скопления кокковидных и палочковидных бактерий. Приведенные фотографии демонстрируют начальный этап формирования биоплёнок, когда бактерии собираются вместе и на слизистых чехлах нитчатых бактерий начинают адсорбироваться клетки кокковидных и палочковидных бактерии.

На рисунке 5 показан начальный этап формирования биопленки: палочковидные бактерии (1), предположительно *Bacillus subtilis* var. *mycoides*, выстраиваются вдоль нити слизистого чехла *S. natans*, и начинают формировать биоплёнку. Видно скопление слизи, вероятно, образованной слизистыми бактериями *Zooglea ramigera* (4).

Таким образом, микроскопические исследования «живых» и фиксированных препаратов, показывают, что биоплёнки являются обычным типом организации бактериальных сообществ в водных экосистемах. Они начинают формироваться при образовании благоприятных условий, а именно – наличии нитчатых бактерий, представляющих матричную основу для будущих биоплёнок, и благоприятную температуру ( $30^{\circ}\text{C}$ ).

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных

экосистем подзоны южной тайги», номер государственной регистрации в ЕГИСУ № 1220401000325.

#### Библиографический список

1. Кампер Э. К. Биопленки в процессах обработки и распределения питьевой воды // Водоподготовка и водоснабжение. 2012. № 11. С. 42–55.
2. Немцева Н. В. Изучение образования биопленок в питьевой воде в процессе водоподготовки // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2017. № 2. С. 1.
3. Использование многокомпонентных адсорбционных фильтров в системах очистки воды и люминесцентный контроль содержания экотоксикантов / Е. И. Тихомирова, О. А. Плотникова, О. В. Атаманова, М. В. Истрашкина, А. В. Кошелев, А. Л. Подольский // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 1. С. 73–81. doi: 10.25750/1995-4301-2019-1-073-081
4. Определитель бактерий Берджи / под ред. Дж. Хоулт и др. М. : Мир, 1997. Т. 1. 429 с.
5. Козлов М. Н., Дорофеев А. Г., Асеева В. Г. Микробиологический контроль активного ила биореакторов очистки сточных вод от биогенных элементов. М. : Изд-во «Наука, 2012. 80 с.

### ХАРАКТЕРИСТИКА АКТИНОМИЦЕТОВ ИЗ РИЗОСФЕРЫ МЕЛИССЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ

*С. Э. Мокрушина<sup>1</sup>, И. Г. Широких<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> *Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого, irgenal@mail.ru*

Определены численность актиномицетов и их доля в прокариотном комплексе, связанном с корнями мелиссы лекарственной на дерново-подзолистой почве. Из ризосферы мелиссы выделено 11 культур, отнесенных по фенотипическим признакам к роду *Streptomyces*. Исследованы антагонистические свойства изолятов по отношению к фитопатогенным грибам, а также способность мобилизовывать труднорастворимые фосфаты и стимулировать рост растений.

Ключевые слова: стрептомицеты, ризосфера, антагонизм, ростстимулирующая активность, мобилизация фосфатов.

Одним из ценных пряно-ароматических растений является мелисса лекарственная (*Melissa officinalis* L.) – представитель семейства яснотковых [1, 2]. Мелисса используется в народной и официальной медицине многих стран мира. Растение обладает уникальными лекарственными свойствами. Широкий спектр терапевтического действия препаратов мелиссы лекарственной обусловлен содержанием различных биологически активных веществ. Так, выраженный седативный эффект обусловлен цитронеллалем, а спазмолитические свойства – гераниолом и цитронеллолом. За противовирусные, иммуно-

модулирующие, антигистаминные, антиоксидантные и антимикробные свойства данного растения ответственны фенолпропаноиды (розмариновая, кофейная, хлорогеновая и другие гидроксикоричные кислоты) [3]. Богатый метаболический потенциал Melissa делает актуальным исследование ассоциированных с корнями этого растения микроорганизмов. Известно, что в ризосфере широко распространены бактерии, стимулирующие рост растений (PGPR) за счет целого комплекса ценных свойств, включая продукцию фитогормонов, подавление фитопатогенов, мобилизацию труднодоступных фосфатов и т. д. Комплексом PGPR-свойств часто обладают актиномицеты [4].

Цель данной работы – поиск среди выделенных из ризосферы Melissa лекарственных актиномицетов новых штаммов с комплексом PGPR-свойств.

Отбор растительных образцов производили в п. Светлый Котельничского района Кировской области на дерново-подзолистой почве.

Численность актиномицетов и общую численность прокариот в ризосфере определяли высевом из разведений почвенной суспензии на казеин-глицериновый агар (КГА). Для исследования свойств в чистые культуры было выделено 11 штаммов актиномицетов, на основании культурально-морфологических признаков отнесенных к роду *Streptomyces* (нефрагментированный мицелий, длинные цепочки спор в воздушном мицелии и отсутствие спор в субстратном мицелии).

Для изучения антагонистических свойств выделенные культуры стрептомицетов выращивали в жидкой питательной среде Гаузе 1 в течение 7 суток на качалке (120 об./мин). Тест-культуры фитопатогенных грибов высевали газонем на солодовый агар и инкубировали при 28 °С в течение 10 суток. Далее стерильным сверлом вырезали блочки с мицелием микромицетов и помещали их в центр чашки Петри с агаризованной питательной средой. Вокруг блочков располагали диски фильтровальной бумаги с жидкими культурами стрептомицетов (10 мкл). Антагонистическую активность определяли по диаметру зон подавления роста тест-культур на 7–14-е сутки культивирования при 28 °С.

Способность исследуемых штаммов к мобилизации фосфатов оценивали по образованию зоны просветления вокруг колоний на среде Муромцева (глюкоза 10 г/л, аспарагин 1 г/л, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,2 г/л, MgSO<sub>4</sub> 0,2 г/л, кукурузный экстракт 0,02 г/л, агар 20 г/л; pH 6,8), содержащей в качестве источника фосфора нерастворимый Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> в концентрации 5 г/л. В случае растворения фосфатов появление зон гало наблюдали в течение 10 дней [5, 6].

Опыты по исследованию ростстимулирующей активности проводили на семенах мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Приокская. В ходе эксперимента семена предварительно стерилизовали в 5%-ном растворе хлорамина и промывали стерильной водой. Далее инокулировали водными суспензиями культур стрептомицетов (1:10) в течение двух часов на качалке. Семена проращивали на увлажненной фильтровальной бумаге в чашках Петри, помещая по 10 штук в каждую. Опыты проводили в трехкратной повтор-



ности. На 7 сутки определяли всхожесть и морфометрические показатели семян. Контролем служили неинокулированные семена пшеницы.

При определении общей численности актиномицетов в ризосфере мелиссы лекарственной было установлено, что на дерново-подзолистой почве актиномицеты обнаруживаются в количестве  $1,3 \times 10^6$  колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 г субстрата. Доля актиномицетов в прокариотном комплексе составила 31%. Все актиномицеты были отнесены к роду *Streptomyces* (табл. 1).

Таблица 1

**Прокариотный комплекс ризосферы мелиссы (при посеве на КГА)**

Общая численность прокариот, тыс. КОЕ/г	В том числе численность актиномицетов, тыс. КОЕ/г	Доля актиномицетов в прокариотном комплексе, %	Доля колоний актиномицетов, %	
			<i>Streptomyces</i>	
			окрашенные	неокрашенные
4450±524	1358±288	31	11	89

При определении антагонистической активности стрептомицетов штаммы, в зависимости от величины зоны подавления роста тест-культур, были разделены на группы со слабой активностью – зона не более 10 мм, умеренной – зона от 11 до 20 мм и сильной антагонистической активностью – зона более 21 мм. Из 11 штаммов 3 изолята проявили умеренную активность ко всем тест-культурам фитопатогенов, 6 штаммов проявили умеренную активность к одной или двум тест-культурам. Шесть из 11 ризосферных изолятов мелиссы лекарственной проявили антагонизм ко всем тест-культурам фитопатогенных грибов, два штамма не проявили антагонистической активности ни к одной из тест-культур (табл. 2).

Таблица 2

**Диаметр зон подавления роста тест-культур фитопатогенных грибов**

Штаммы актиномицетов	Тест-культуры		
	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Alternaria</i> Я19/з	<i>Bipolaris sorokiniana</i>
	диаметр зоны подавления роста, мм		
МЕ-1	11	16	13
МЕ-2	14	14	13
МЕ-3	15	15	11
МЕ-4	14	14	9
МЕ-5	16	0	0
МЕ-6	11	0	0
МЕ-7	11	0	21
МЕ-8	15	10	13
МЕ-9	16	7	9
МЕ-10	0	0	0
МЕ-11	0	0	0

Оценка фосфатмобилизующей активности штаммов стрептомицетов на среде Муромцева показала способность двух штаммов растворять труднорастворимый фосфат кальция (рис. 1, 2).



Рис. 1. Зона просветления вокруг колонии штамма ME-6 на среде Муромцева

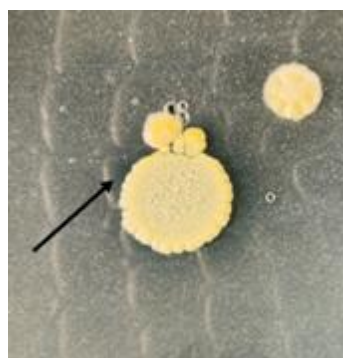


Рис. 2. Зона просветления вокруг колонии штамма ME-1 на среде Муромцева

Один из них – ME-1 – сочетал фосфатмобилизующую способность с широким спектром антагонистической активности.

Опыты по изучению ростстимулирующей активности стрептомицетов выявили способность трех штаммов (ME-2, ME-4 и ME-5) стимулировать рост побегов, четыре штамма способствовали увеличению всхожести (табл. 3).

Таблица 3

**Всхожесть и морфометрические показатели проростков пшеницы при обработке семян штаммами актиномицетов**

Штамм	Всхожесть, %	Длина корня, мм	% от контроля	Высота побега, мм	% от контроля	Биомасса, г	% от контроля
Контроль	67	129,6±18,2	–	81,9±24,7	–	0,09±0,01	–
ME-1	73	113,2±27,5	87%	77,1±20,6	94%	0,09±0,01	104%
ME-2	73	126,2±31,5	97%	92,3±22,9	113%	0,10±0,01	115%
ME-3	77	120,6±32,5	93%	82,4±25	101%	0,11±0,01	119%
ME-4	53	128±11,8	99%	93,1±11,4	114%	0,09±0,02	96%
Контроль	80	94,8±14,4	–	59,6±13,3	–	0,12±0,01	–
ME-5	57	96,3±33,9	102%	76,8±28,7	129%	0,11±0,03	94%
ME-7	80	86,1±27,2	91%	60,3±18,5	101%	0,12±0,005	100%
ME-8	73	89,6±24,8	95%	55,8±18,2	94%	0,12±0,01	100%
Контроль	60	159,2±24,3	–	110,1±23,4	–	0,13±0,005	–
ME-6	73	148,7±38,6	93%	103,4±31,1	94%	0,15±0,02	126%
ME-9	67	155,9±40,2	98%	103,5±31,4	94%	0,12±0,01	95%
ME-10	50	159,8±55,9	100%	121,6±42,4	110%	0,10±0,005	82%
ME-11	57	155,5±33,7	98%	116,8±33,6	106%	0,12±0,02	92%

Ни один из штаммов не оказал на рост проростков статистически значимого угнетающего действия. Увеличению сухой биомассы проростков способствовал штамм МЕ-6, проявивший также способность растворять труднодоступные фосфаты.

Таким образом, среди выделенных из ризосферы мелиссы лекарственных стрептомицетов, способность подавлять рост фитопатогенных грибов проявили, в той или иной степени, 9 штаммов (82%), способность мобилизовать труднорастворимые фосфаты – 2 штамма (18%), стимулировать рост растений – 3 штамма (27%). Особый интерес для дальнейшего изучения представляют культуры МЕ-1, МЕ-2, МЕ-4, МЕ-6, поскольку сочетают полезные для растения свойства.

#### Библиографический список

1. Пояркова Н. М., Сапарклычева С. Е., Чулкова В. В. биологические и лекарственные особенности мелиссы лекарственной (*Melissa officinalis* L.) // Аграрное образование и наука. 2020. № 1. С. 10.
2. Беспалько Л. В., Пинчук Е. В., Ушакова И. Т. Мелисса лекарственная (*Melissa officinalis* L.) – ценная пряно-ароматическая культура // Овощи России. 2019. № 3 С. 57–61.
3. Алексеева А. В. Трава мелиссы лекарственной перспективный источник импортозамещающих нейротропных препаратов // Медицинский альманах. 2011. № 1 С. 233–237.
4. Hamed J., Mohammadipناه F. Biotechnological application and taxonomical distribution of plant growth promoting actinobacteria // J. Industrial Microbiol. Biotechnol. 2015. Vol. 42. No. 2. P. 157–171. doi: 10.1007/s10295-014-1537-x
5. Фосфат-мобилизующая активность эндофитных штаммов *Bacillus subtilis* и их влияние на степень микоризации корней пшеницы / А. А. Егоршина, Р. М. Хайруллин, М. А. Лукьянцев, З. М. Курамшина, Ю. В. Смирнова // Журнал сибирского федерального университета. Серия: биология. 2011. № 2 С. 172–182.
6. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии. М. : Колос, 1983. 162 с.

### ПОВЫШЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛАЗНОЙ АКТИВНОСТИ СТРЕПТОМИЦЕТОВ В БИНАРНЫХ КУЛЬТУРАХ

**Н. А. Боков<sup>1,2</sup>, И. Г. Широких<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Вятский государственный университет, [nikita-bokov@mail.ru](mailto:nikita-bokov@mail.ru)

<sup>2</sup> Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого, [irgenal@mail.ru](mailto:irgenal@mail.ru)

В ходе работы изучено влияние попарного сокультивирования стрептомицетов *Streptomyces griseoaurantiacus* Мб 4-2, *S. thermocarboxydus* 1.3, *S. antimycoticus* 8A13 и *Streptomyces* sp. Н 27-25 на активность целлюлазы. В бинарной культуре *S. griseoaurantiacus* Мб 4-2 и *S. antimycoticus* 8A13 целлюлазная активность была в 5 раз выше, чем активность фермента каждого из штаммов в отдельности. Для двух других исследованных ассоциаций стрептомицетов целлюлазная активность изменилась недостоверно. При совмест-

ном культивировании в каждой из трех исследованных бинарных культур наблюдали эффект пролонгации целлюлазной активности во времени.

Ключевые слова: стрептомицеты, целлюлазная активность, совместное культивирование.

Совместное культивирование двух или более микроорганизмов обычно применяется в производстве с целью увеличения выхода одного или нескольких ценных метаболитов. Так, для увеличения продукции целлюлазы применяют совместное культивирование, используя ассоциации разных типов: актиномицет-гриб [1], актиномицет – клеточная бактерия [3], бактерия – бактерия [3], гриб – гриб [4]. Информации о совместном культивировании двух культур актиномицетов для максимизации выхода целлюлазы недостаточно, но в литературе есть данные об использовании подобных ассоциаций для получения антибиотических веществ и фитогормонов [5–7].

Показано, что конкуренция между микроорганизмами разных видов приводит к значительному усилению продукции вторичных метаболитов [8]. Совместное культивирование помогает созданию конкурентной среды, что сопровождается у микроорганизмов стрессовыми реакциями, которые могут привести к увеличению синтеза вторичных метаболитов и ферментов, в том числе целлюлазы. Кроме того, совместное культивирование способствует обмену в питательной среде разнообразными метаболитами, что также может усилить производство целевого продукта. Совместное культивирование дополняет или даже частично заменяет такие традиционные методы, стимулирующие продукцию метаболитов и ферментов, как оптимизация условий культивирования [9] или генная инженерия [10], которые могут быть трудоемкими и дорогостоящими.

В работе оценивали влияние бинарных ассоциаций на целлюлазную активность стрептомицетов, культивируемых на среде с соломой в качестве единственного источника углерода.

Объектами исследования служили штаммы *Streptomyces griseoaurantiacus* Мб 4-2 и *S. thermocarboxydus* 1.3, которые ранее продемонстрировали высокий уровень целлюлазной активности в чистых культурах [11]. К ним для совместного культивирования были добавлены штаммы, проявившие антагонистическую активность по отношению к фитопатогенным грибам и бактериям *S. antimycoticus* 8A13 [12] и *Streptomyces* sp. Н 27-25. Такие ассоциации могли бы эффективно себя показать в борьбе с фитопатогенами и, при этом, благотворно влиять на качество почвы за счет переработки растительных остатков в элементы питания и компоненты гумуса.

Штаммы для инокуляции предварительно наращивали в колбах объемом 250 мл (объем среды 50 мл), с жидкой питательной средой Гаузе 1 (г/л):  $K_2HPO_4$  – 2; NaCl – 0,5;  $KNO_3$  – 1,00;  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  – 0,01; крахмал – 20 [13]. Культивирование вели в течение 5 суток при 28°C стационарно. Для определения количества пропагул в 1 мл питательной среды использовали метод

предельных разведений [13], согласно которому титры штаммов *S. griseoaurantiacus* Мб 4-2, *S. antimycoticus* 8А13, *S. thermocarboxydus* 1.3 и *Streptomyces* sp. Н 27-25 составляли в инокулятах  $2,5 \cdot 10^7$ ,  $2,5 \cdot 10^4$ ,  $2,5 \cdot 10^8$  и  $2,5 \cdot 10^6$  соответственно.

Далее для оценки целлюлазной активности штаммы выращивали в монокультурах и в бинарных ассоциациях: 1) *S. griseoaurantiacus* Мб 4-2 + *S. antimycoticus* 8А13; 2) *S. thermocarboxydus* 1.3 + *S. antimycoticus* 8А13; 3) *S. griseoaurantiacus* Мб 4-2 + *Streptomyces* sp. Н 27-25 на минеральной жидкой среде следующего состава (г/л):  $K_2HPO_4$  – 2; NaCl – 2;  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  – 1;  $MnSO_4$  – 0,05;  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  – 0,05;  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  – 2; с единственным источником углерода в виде соломы (10 г/л). В монокультурах на 50 мл среды вносили 1 мл инокулята, а для получения бинарных культур – по 1 мл жидкой культуры (ЖК) каждого из двух штаммов согласно схеме опыта. Целлюлазную активность определяли в супернатанте ЖК спектрофотометрически (540 нм), в качестве реактива использовали динитросалициловою кислоту (ДНС) [14]. Определение целлюлазной активности проводили через 24, 48, 72 и 144 часа от начала культивирования. Активность фермента выражали в усл. ед./10 мин/г биомассы бактерий. Биомассу определяли после центрифугирования ЖК в течение 10 мин при 6000 об./мин и высушивания при 105 °С до постоянного веса.

Статистическая обработка результатов выполнена стандартными методами с использованием программ *Microsoft Excel*.

Полученные результаты говорят о том, что целлюлазная активность при совместном культивировании штаммов *S. griseoaurantiacus* Мб 4-2 и *S. antimycoticus* 8А13 (целлюлозолитик + антагонист) была в 3,5 (после 24 час) и в 6,7 раз (через 48 час культивирования) выше, чем в те же сроки наблюдений у тех же штаммов в монокультурах (рис. 1). Пик целлюлазной активности для каждого штамма в отдельности и при их совместном культивировании приходился на 24 часа, что совпадает с ранее полученными нами данными по штамму *S. griseoaurantiacus* Мб 4-2 [11].

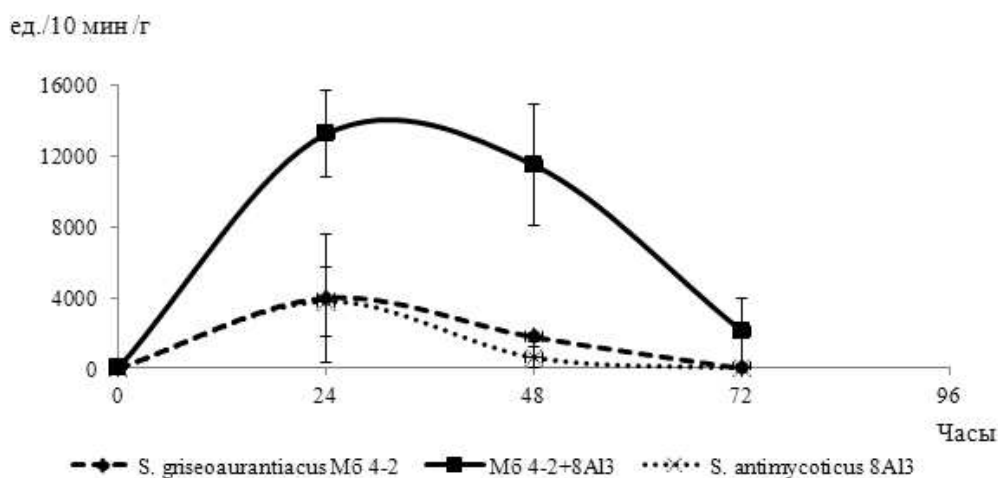


Рис. 1. Изменение целлюлазной активности *S. griseoaurantiacus* Мб 4-2, *S. antimycoticus* 8А13 в монокультурах и в их ассоциации на среде с соломой

При совместном культивировании *S. thermocarboxydus* 1.3. и *S. antimycoticus* 8A13 целлюлазная активность была на том же уровне, что и в монокультуре и составила около 6000 ед./10 мин/г (рис. 2).

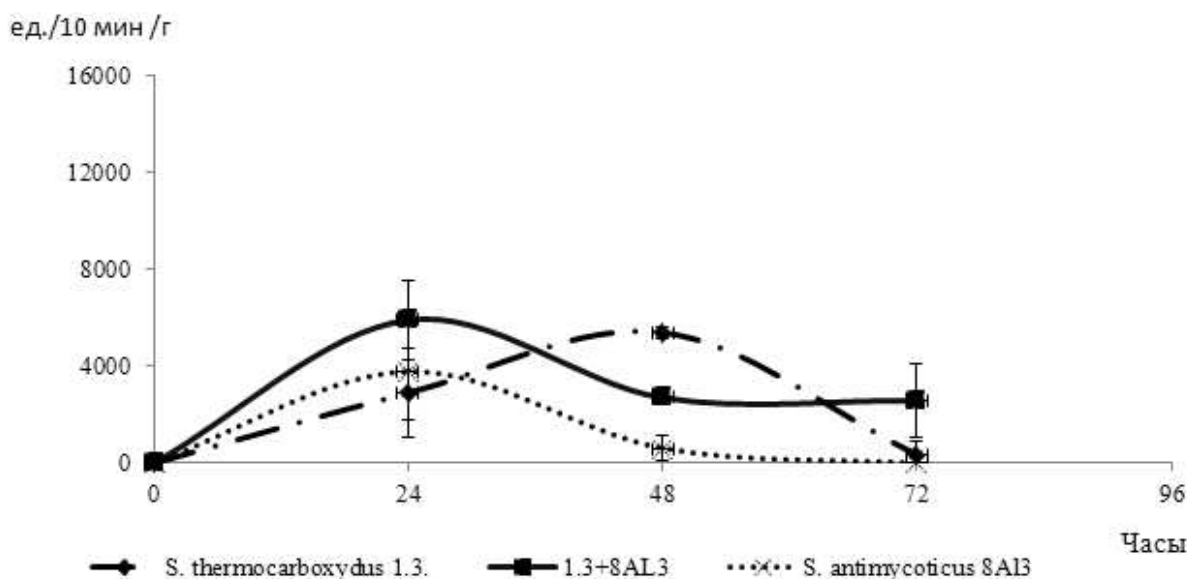


Рис. 2. Изменение целлюлазной активности *S. thermocarboxydus* 1.3., *S. antimycoticus* 8A13 в монокультурах и их ассоциации на среде с соломой

На пик своей активности штамм 1.3 выходил на 2 суток, что соотносится с ранее полученными результатами. При совместном же культивировании этих штаммов пик активности наблюдался позже на 1 сут, но при этом активность бинарной культуры сохранялась дольше: к 3 сут целлюлазная активность составила 2587 ед./10 мин /г, тогда как активность фермента в монокультуре *S. thermocarboxydus* 1.3 к этому времени была равна 0.

Совместное культивирование *S. griseoaurantiacus* Мб 4-2 и *Streptomyces* sp. Н 27-25 не повысило уровень целлюлазной активности. В монокультуре штамм Н 27-25 имел целлюлазную активность на 30% более высокую, чем в бинарной ассоциации штаммов Н 27-25 и Мб 4-2. При этом монокультура *Streptomyces* sp. Н 27-25 показала наибольшую целлюлазную активность среди остальных исследуемых штаммов (10130 ед./10 мин /г). Пик целлюлазной активности штамма Н 27-25 пришелся на 48 час, а в ассоциации штаммов Н 27-25 и Мб 4-2 сдвинулся до 72 час (рис. 3).

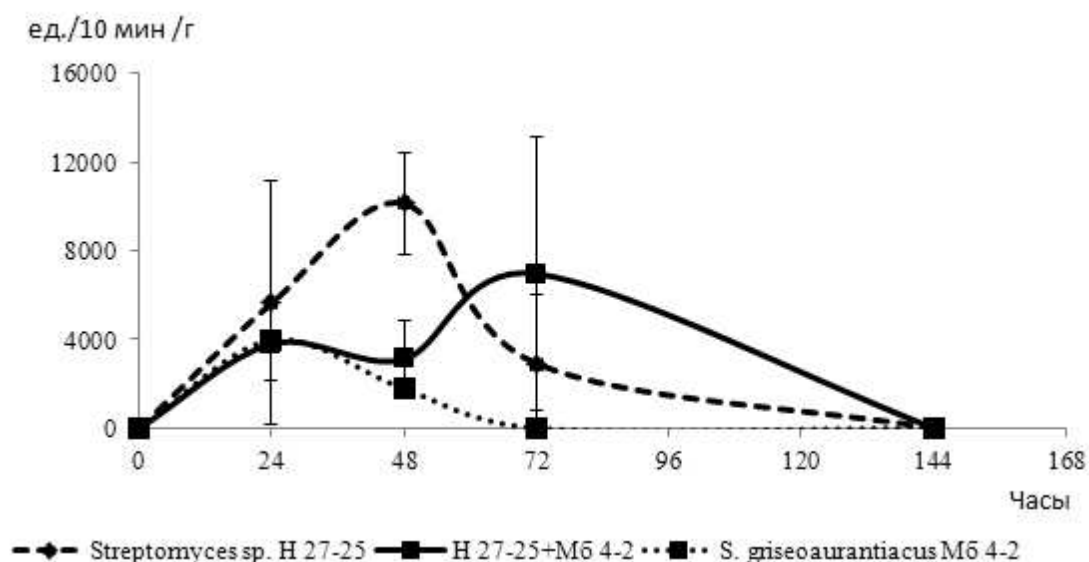


Рис. 3. Изменение целлюлазной активности *S. griseoaurantiacus* Мб 4-2 и *Streptomyces* sp. H 27-25 в монокультурах и в их ассоциации на среде с соломой

Таким образом, совместное культивирование двух штаммов стрептомицетов оказывает влияние, прежде всего, на динамику их целлюлазной активности, а в случае ассоциации штаммов *S. griseoaurantiacus* Мб 4-2 и *S. antimycoticus* 8A13 совместное культивирование повысило целлюлазную активность в 5 раз по сравнению с активностью фермента этих же штаммов в монокультурах. Также можно отметить пролонгирующий эффект совместного культивирования на целлюлазную активность, который наблюдался во всех трех исследованных ассоциациях.

Создание экспериментальных ассоциаций штаммов-целлюлозолитиков и антагонистов делает возможной разработку полифункциональных препаратов с биоконтрольным, фитостимулирующим и почвоулучшающим действием. Важен грамотный подбор штаммов с нужными свойствами и их комбинация, при которой штаммы проявляли бы синергический эффект, а не подавляли рост друг друга и синтез полезных вторичных метаболитов и ферментов. В ходе дальнейшей работы планируется изучить влияние совместного культивирования стрептомицетов на их антагонистическую активность в отношении фитопатогенов.

#### Библиографический список

1. Co-elicitation of lignocellulolytic enzymatic activities and metabolites production in an *Aspergillus-Streptomyces* co-culture during lignocellulose fractionation / J. Detain, C. Rémond, C. M. Rodrigues, D. Haraikat // *Current Research in Microbial Sciences*. 2022. Vol. 3. P. 100–108. doi: 10.1016/j.crmicr.2022.100108
2. Ozkan M. B. Enhancement of cellulase production by co-culture of *Streptomyces ambofaciens* OZ2 and *Cytobacillus oceanisediminis* OZ5 isolated from rumen samples // *Biocatalysis and Biotransformation*. 2021. Vol. 40. P. 144–152. doi: 10.1080/10242422.2022.2038581

3. Kazeem M., Ajijolakewu K., Abdul Rahman, N. Cellulase production by co-culture of *Bacillus licheniformis* and *B. paralicheniformis* over monocultures on microcrystalline cellulose and chicken manure-supplemented rice bran media // *BioResources*. 2021. Vol. 16. No. 4. P. 6850–6869. doi: 10.15376/biores.16.4.6850-6869
4. Lodha A., Pawar S., Rathod V., Optimised cellulase production from fungal co-culture of *Trichoderma reesei* NCIM 1186 and *Penicillium citrinum* NCIM 768 under solid state fermentation // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2020. Vol. 8. No. 5. P. 1–6. doi: 10.1016/j.jece.2020.103958
5. Synergistic effect of co-culture rhizosphere *Streptomyces*: A promising strategy to enhance antimicrobial activity and plant growth-promoting function / J. Li, L. Zhang, G. Yao, L. Zhu // *Front Microbiol*. 2022. Vol. 13. P. 1–18. doi: 10.3389/fmicb.2022.976484
6. Induction of Antibacterial Metabolites by Co-Cultivation of Two Red-Sea-Sponge-Associated Actinomycetes *Micromonospora* sp. UR56 and *Actinokinespora* sp. EG49 / S. Hifnawy, M. Hassan, H. M. Mohammed, R. M. Fouda // *Mar. Drugs*. 2020. Vol. 18. P. 1–17. doi: 10.3390/md18050243
7. Boruta T. A bioprocess perspective on the production of secondary metabolites by *Streptomyces* in submerged co-cultures // *World J. Microbiol. Biotechnol*. 2021. Vol. 37. P. 1–15. doi: 10.1007/s11274-021-03141-z
8. Co-cultivation a powerful emerging tool for enhancing the chemical diversity of microorganisms / A. Marmann, A. H. Aly, W. Lin, B. Wang // *Mar. Drugs*. 2014. Vol. 17. No. 12. P. 1043–1065. doi: 10.3390/md12021043
9. Широких И. Г., Боков Н. А., Назарова Я. И. Влияние источников азота в питательной среде на рост и целлюлазную активность стрептомицетов // *Известия Коми научного центра УрО РАН*. 2021. № 5. С. 61–65.
10. Baltz R. H. Genetic manipulation of secondary metabolite biosynthesis for improved production in *Streptomyces* and other actinomycetes // *J. Ind. Microbiol. Biotechnol*. 2016. Vol. 43. P. 343–370. doi: 10.1007/s10295-015-1682-x
11. Боков Н. А., Назарова Я. И., Широких И. Г. Изменение целлюлазной активности стрептомицетов в зависимости от продолжительности культивирования // *Экология родного края: проблемы и пути их решения : Материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 кн. Кн. 2. Киров : Вятский государственный университет, 2022. С. 15–19.*
12. Новые штаммы стрептомицетов как перспективные биофунгициды / И. Г. Широких, Я. И. Назарова, А. В. Бакулина, Р. И. Абубакирова // *Теоретическая и прикладная экология*. 2021. № 1. С. 172–180. doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-172-180
13. Нетрусов А. И., Егоров М. А., Захарчук Л. М. Практикум по микробиологии. М. : Академия, 2005. 608 с.
14. Miller G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar // *Analytical Chemistry*. 1959. Vol. 31. No. 3. P. 426–442. doi: 10.1021/ac60147a030



## ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМ ПРЕПАРАТАМ АКТИНОБАКТЕРИЙ ИЗ РАЗНЫХ ПОЧВ

*Е. А. Гембицкая<sup>1</sup>, И. Г. Широких<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, irgenal@mail.ru*

В работе проведен сравнительный анализ антибиотикорезистентности в равных выборках актиномицетов, изолированных из почвы, отобранной на территории деревообрабатывающего предприятия (Мурашинский фанерный завод) и почвы, отобранной вне зоны его влияния (фон). Определена частота встречаемости резистентных изолятов к антибиотикам из разных классов, включая аминогликозиды, полимиксины, цефалоспорины, линкомицины, макролиды, сульфаниламиды, тетрациклины, хинолоны, рифампицины, β-лактамы.

Ключевые слова: актиномицеты, почва, резистентность, антибиотики, гены резистентности.

Хозяйственная деятельность человека оказывает большое влияние на окружающую среду. Воздействие цветной и черной металлургии, целлюлозно-бумажного производства, легкой и деревообрабатывающей промышленности, загрязнение твердыми бытовыми отходами приобретает глобальный характер, способствуя распространению генов антибиотикорезистентности в природных популяциях и их дрейфу в клинически значимые микроорганизмы [1, 2]. В связи с этим изучение чувствительности почвенных микроорганизмов, включая актиномицеты, к антибактериальным препаратам приобретает важное значение.

Деревообрабатывающие предприятия (в том числе Мурашинский фанерный завод – МФЗ) являются источниками промышленного загрязнения. Обработанная древесина обычно подвергается химическому воздействию, она пропитывается различными химическими жидкостями и газами. При изготовлении фанеры идет склеивание слоев шпона синтетическим клеем [3]. Основным загрязняющим воздействием деревообрабатывающих предприятий является сброс производственных сточных вод, где первоначально и происходит накопление генов устойчивости к антибиотикам [2]. В почве микроорганизмы могут обмениваться генами устойчивости, в результате чего хозяйственная деятельность создает благоприятные условия для распространения в почвах антибиотикорезистентных бактерий [4].

Обнаружено, что гены резистентности к антибиотикам присутствуют и у микроорганизмов, которые не претерпевали изменений под влиянием антропогенной деятельности, в них сохраняется естественный уровень природных механизмов устойчивости [4, 5]. Это говорит о том, что проблема рези-

стентности к антибиотикам связана со сложными эволюционными отношениями между микроорганизмами, сложившимися еще задолго до появления человека и его воздействия на окружающую среду.

В связи со всем выше сказанным, актуальной является количественная оценка антибиотикоустойчивых почвенных микроорганизмов (в частности, актиномицетов) в почвах с антропогенным воздействием по сравнению с фоновым содержанием в почве устойчивых бактерий и генов антибиотикорезистентности.

Цель работы – сравнить распространение антибиотикорезистентности в почве, подверженной воздействию МФЗ и в почве вне зоны его влияния (фон).

В работе были использованы два почвенных образца, отобранные в Мурашинском районе Кировской области: на территории МФЗ и на естественном злаково-разнотравном лугу (фон). Из каждого почвенного образца при посеве на казеин-глицериновый агар было выделено по 11 штаммов актиномицетов, которые в дальнейшем выращивались на косом овсяном агаре.

Чувствительность к антибиотикам почвенных изолятов определяли диско-диффузионным методом, основанном на способности антибактериального препарата диффундировать из пропитанных им бумажных дисков в питательную среду, угнетая рост микроорганизмов, засеянных на поверхности агара [6].

Определение чувствительности проводили на агаризованной минеральной среде Гаузе 1. Каждый штамм высевали газоном на 2 чашки Петри. Не позднее, чем через 15 мин. после инокуляции на поверхность питательной среды наносили диски с антибиотиками. Аппликацию проводили стерильным пинцетом, размещая по 5 дисков на одну чашку и по 6 – на другую, всего в тестировании изолятов использовали 11 антибиотиков из разных классов, включая аминогликозиды, полимиксины, цефалоспорины, линкомицины, макролиды, сульфаниламиды, тетрациклины, хинолоны, рифампицины, β-лактамы. Чашки Петри помещали в термостат при 38 °С и инкубировали в течение 4–5 суток.

После окончания инкубации измеряли диаметр зон задержки роста в миллиметрах. По результатам измерений построены антибиотикограммы и определены группы антибиотиков, к которым актиномицеты из исследуемых образцов проявили высокую (зона задержки роста более 25 мм), среднюю (зона задержки роста 15–24 мм), низкую чувствительность (зона задержки роста 11–14 мм) или были нечувствительными (отсутствует зона задержки роста).

Один штамм из образца МФЗ на питательной среде Гаузе 1 не дал рост, поэтому результаты учитывались по 10 штаммам.

По данным антибиотикограмм, представленных на Рис. 1, можно сделать вывод, что актиномицеты из образца почвы, отобранной на естественном злаково-разнотравном лугу (фон), высокочувствительны к аминогликозидам (стрептомицин, канамицин), рифампицинам, триметоприму; среднечувствительны к цефалоспорином (цефтриаксон), макролидам (азитромицин), поли-

миксину, тетрациклам, (амоксциллин); малочувствительны к линкомицинам, хинолонам (налидиксовая кислота).

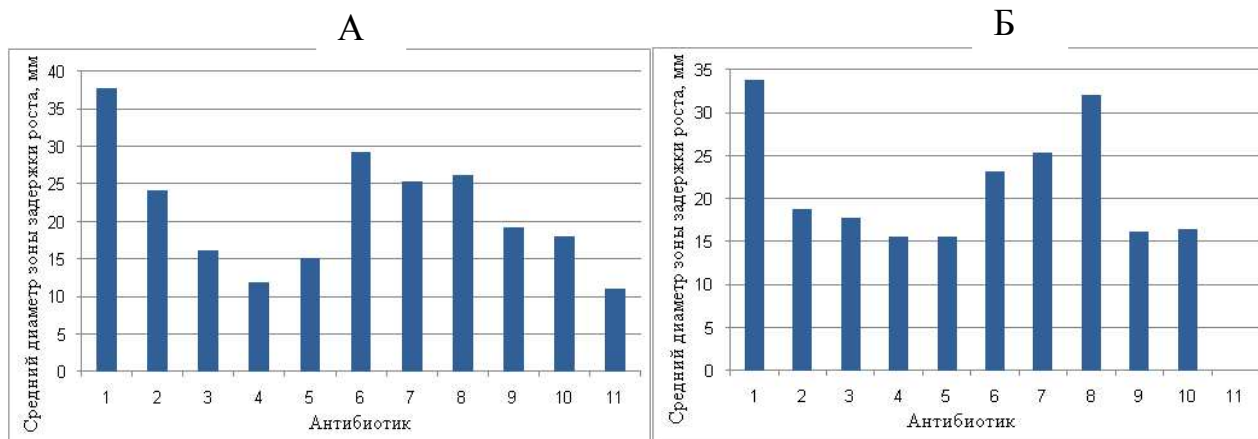


Рис. 1. Зоны задержки роста почвенных изолятов из образцов: фон (А) и МФЗ (Б). Антибиотики здесь и на рисунке 2: 1 – стрептомицин; 2 – цефтриаксон; 3 – азитромицин; 4 – линкомицин; 5 – полимиксин; 6 – триметоприм/ сульфаметоксазол; 7 – рифампицин; 8 – канамицин; 9 – тетрациклин; 10 – амоксициллин; 11 – налидиксовая кислота

У изолятов из данного образца не наблюдалось резистентности ни к одному из исследуемых антибиотиков.

Таким образом, от 54 (к линкомицину) до 100% (к стрептомицину, полимиксину, рифампицину, канамицину и амоксициллину) исследованных штаммов из фоновой почвы проявили чувствительность к изучаемым антибиотикам (рис. 2).

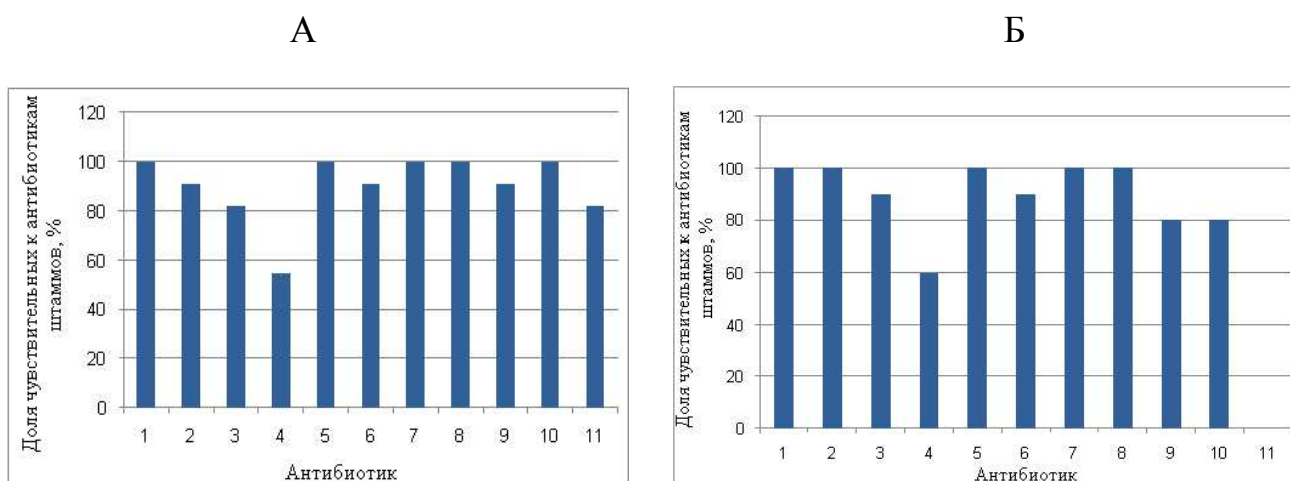


Рис. 2. Доля штаммов актиномицетов, чувствительных к антибиотикам, в почвенных образцах: фон (А) и МФЗ (Б)

Резистом почвы, отобранной на территории МФЗ, в сравнении с фоновой почвой, не подвергся значительным изменениям, связанным с деятельностью предприятия. Однако все изоляты из данного образца, в отличие от фоновой почвы, проявили резистентность в отношении налидиксовой кислоты.

Кроме того, штаммы, выделенные из фонового образца, проявили высокую чувствительность к большему числу антибиотиков, чем изоляты из почвы МФЗ.

Таким образом, полученные результаты указывают на то, что в зоне производственной деятельности МФЗ наметилась тенденция к расширению природного антибиотического резистоста почвы, что выразилось в появлении среди актиномицетов штаммов, устойчивых к хинолонам (налидиксовой кислоте) и снижении в популяциях доли штаммов с высокой чувствительностью к антибиотикам из других классов. Поскольку антибиотикорезистентность в настоящее время становится глобальной проблемой, распространяющейся с огромной скоростью, необходим поиск альтернативных использованию антибиотиков путей противодействия инфекциям.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги», номер государственной регистрации в ЕГИСУ № 1220401000325.*

#### **Библиографический список**

1. Влияние поллютантов на распространение генов устойчивости к антибиотикам в окружающей среде / Т. Н. Ажогина, С. Г. Скугорева, А. А. К. Аль-Раммахи, Н. В. Гненная, М. А. Сазыкина, Н. С. Сазыкин // Теоретические проблемы экологии. 2020. № 3. С. 6–14. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-006-014
2. Камчатов А. А., Койнова А. А., Шепель В. Н. Основные источники техногенного загрязнения почвенного покрова // География в школе. 2018. № 6. С. 56–60. doi: 706149.0001.99
3. Зотов Н. С. Проблема с отходными материалами деревообработки // Молодой ученый. 2018. № 1. С. 16–17.
4. Широких И. Г., Широких А. А. Антагонизм и резистентность к антибиотикам актиномицетов из почв трех особо охраняемых природных территорий // Почвоведение. 2019. № 10. С. 1203–1210. doi: 10.1134/S0032180X19100137
5. Изучение базовой устойчивости к антибиотикам бактерий, выделенных из различных биотопов / А. Г. Кудинова, В. С. Соина, С. А. Максакова, М. А. Петрова // Микробиология. 2019. № 6. С. 695–704. doi: 10.1134/S0026365619050094
6. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: Методические указания. М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 91 с.

## ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В КОМПОЗИТНОМ СУБСТРАТЕ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ

Ю. А. Злобина<sup>1,2</sup>, А. А. Широких<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный университет, [ylimay35@gmail.com](mailto:ylimay35@gmail.com)

<sup>2</sup> Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого, [aleshirokikh@yandex.ru](mailto:aleshirokikh@yandex.ru)

Наличие полифенолов в растительных субстратах имеет важное значение для сельского хозяйства. При выращивании базидиальных грибов на лигноцеллюлозных субстратах происходит разрушение растительных клеток и высвобождение различных соединений, в том числе полифенольных веществ. Содержание полифенолов может варьировать в зависимости от ряда факторов, включая тип базидиомицетов, тип растительного материала и условий выращивания. В данном исследовании получены данные по общему содержанию полифенольных веществ в грибном компостном субстрате, состоящем из дубовых опилок, зерновых отходов овса и соломы в соотношении 1:3:6 после выращивания на нём базидиомицетов: *Flammulina velutipes* D19, *Hericium erinaceus* БП16, *Schizophyllum commune* ЕО22. Наибольшее количество полифенольных веществ было обнаружено в варианте опыта с *S. commune* (8,6 мг/г).

Ключевые слова: полифенольные вещества, базидиальные грибы, компостный субстрат.

Базидиомицеты – это разнообразная группа грибов, которые играют важную роль в круговороте элементов питания и разложении веществ в лесных экосистемах. Во время роста базидиомицетов на растительных субстратах они вырабатывают ряд ферментов, расщепляющих лигноцеллюлозу и другие сложные полисахариды, присутствующие в субстрате. Разложение сложных полисахаридов приводит к высвобождению различных соединений, включая полифенольные вещества. Полифенолы представляют собой группу соединений, которые содержатся во многих растениях и грибах и обладающие антиоксидантными, противовоспалительными, противомикробными свойствами, предотвращают развитие различных патогенных эффектов в клетке [1–3]. К ним относятся фенольные кислоты и производные альдегидов, меланины, дубильные вещества, флавоноиды, каротиноиды и др. [2, 4]. Содержание полифенолов в растительном субстрате может варьировать в зависимости от типа субстрата, вида базидиомицетов и условий их роста.

Полифенольные соединения, содержащиеся в базидиальных грибах, взаимодействуют с растениями и улучшают их рост и развитие, что делает их потенциально полезными для использования в сельском хозяйстве и охране окружающей среды. В связи с этим большой интерес представляют исследо-

вания, направленные на изучение биологически активных веществ, выделенных не только из плодовых тел грибов, но и из глубинного мицелия и среды культивирования [5].

Целью наших исследований являлась оценка накопления полифенольных веществ базидиальными грибами, культивируемых на растительном субстрате. В эксперименте были использованы штаммы базидиальных грибов: *Flammulina velutipes* D19, *Hericium erinaceus* БП16, *Schizophyllum commune* EO22 из коллекции ФАНЦ Северо-Востока.

Для культивирования грибов готовили композитный субстрат, состоящий из дубовых опилок, зерновых отходов овса и соломы в соотношении 1:3:6. Субстрат запаривали на 12 часов горячей водой, доводя его влажность до 75%. Субстрат массой 80 г помещали в стеклянные емкости объемом 0,5 л. Емкости закрывали алюминиевой фольгой и автоклавировали при 1 атм в течение 25 минут. Грибы выращивали в чашках Петри на солодовом агаре и пробочным сверлом (диаметром 10 мм) вырезали из газонов агаровые блоки с мицелием. Блоки помещали на поверхность стерильного субстрата из расчета 1 блок на емкость. Повторность в опыте – 3-х кратная. Инокулированный субстрат культивировали при 20 °С в течение 40 суток.

Определение общего содержания полифенольных веществ проводили в водно-спиртовых вытяжках из субстрата. Для этого осуществляли экстрагирование воздушно-сухих образцов 70% этанолом в соотношении 1:100 в течение 2-х часов. Концентрацию полифенолов в водно-спиртовых извлечениях определяли спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу. В качестве стандарта использовали галловую кислоту.

По результатам проведенных исследований, установлено, что при культивировании базидиомицетов на твердом композитном субстрате происходит накопление полифенольных веществ. При этом отмечали различие в уровне накопления полифенолов в зависимости от вида гриба (рис.).

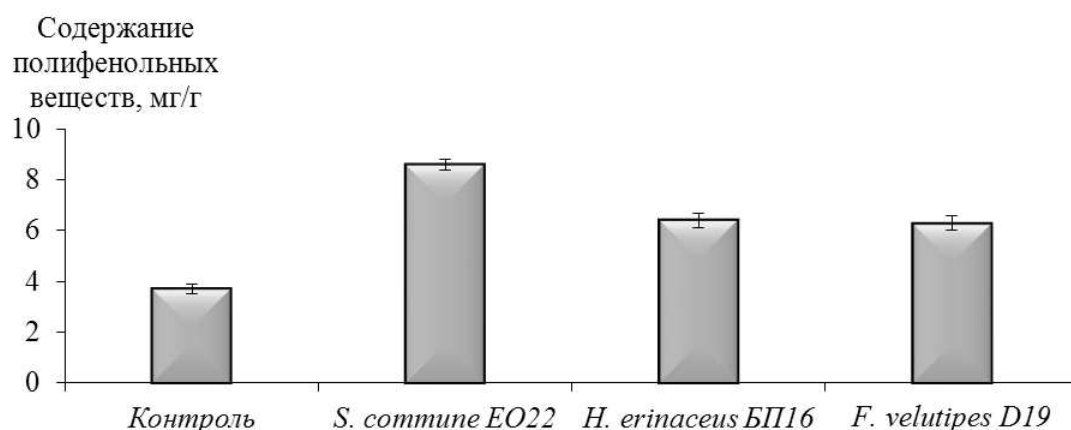


Рис. Накопление полифенольных веществ в субстрате при культивировании различных базидиомицетов

Наибольшее количество полифенольных веществ было обнаружено в варианте опыта с *S. commune* (8,6 мг/г). Разница по сравнению с контрольным

вариантом (неинокулированный субстрат) составила 2,3 раза. Более низкое содержание полифенолов отмечали в вариантах опыта с *H. erinaceus* и *F. velutipes*. Отличие от контроля составило 1,7 раз.

Таким образом, по полученным результатам видно, что рост базидиомицетов на растительных субстратах может привести к увеличению содержания полифенольных веществ в субстрате, тем самым обогащая его. Увеличение содержания полифенолов в субстрате можно объяснить секрецией грибами различных ферментов, которые разрушают стенки растительных клеток и высвобождают полифенольные вещества из них. Кроме того, грибы могут производить метаболиты, среди которых могут встречаться вещества полифенольной природы. Установленный факт накопления полифенолов в грибных субстратах после культивирования базидиальных грибов открывает перспективы использования этих отходов грибоводства в качестве удобрений.

#### Библиографический список

1. Запрометов М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М. : Наука, 1993. 272 с.
2. Higher basidiomycetes mushrooms as a source of antioxidants / M. D. Asatiani, G. Elisashvili, A. Z. Songulashvili, V. Reznick, S. P. Wasser // Progress in Mycology. 2010. С. 311–327. doi: 10.1007/978-90-481-3713-8\_11
3. Chemical composition and biological properties of Portuguese wild mushrooms: a comprehensive study / L. Barros, B. A. Venturini, P. Baptista, L. M. Estevinho, I. C. F. R. Ferreira // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. Vol. 56. No. 10. P. 3856–3862. doi: 10.1021/jf8003114.
4. Wasser S. P. Medicinal mushroom Science: History, Current Status, Future Trends, and Unsolved problems // Int. J. Med. Mush. 2010. Vol. 12. No. 1. P. 1–16. doi: 10.1615/IntJMedMushr.v12.i1.10
5. Физиологически активные соединения и биологическое действие глубинного мицелия базидиомицета *Ganoderma lucidum* (Kurt.: Fr) P. Karst / В. Г. Бабицкая, С. В. Хлюстов, Л. В. Пленина, В. В. Щерба, Н. А. Бисько, О. Н. Деревнина, З. А. Рожкова, Ю. С. Лопатенто // Биотехнология. 2003. № 4. С. 35–44.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ГРИБОПОДОБНЫХ ПРОТИСТОВ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

**Н. А. Никифоров<sup>1</sup>, А. А. Широких<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, N.A.Nikiforoff@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, aleshirokikh@yandex.ru*

Значение работы определяется исследованиями видового разнообразия миксомицетов в лесных экосистемах. Состав и структура их сообществ обусловлены доступностью микроместообитаний, удобных для колонизации. Формирование субстратных комплексов миксомицетов обусловлено совокупностью особенностей исследуемых фитоценозов и модифицирующей деятельности человека.

Ключевые слова: миксомицеты, слизевики, лесные экосистемы, видовое разнообразие, субстратные комплексы, виды-ксилобионты.

Важной составляющей микромира бореальных лесов являются представители небольшой группы плазмодиальных слизевиков. Они выступают в качестве одного из ключевых регуляторов микробных сообществ лесной подстилки, образуют прочные трофические связи с настоящими грибами и насекомыми, принимая, таким образом, активное участие в круговороте веществ [1].

Ввиду наблюдаемой в последнее время интенсификации исследований состава и структуры сообществ миксомицетов, а также особенностей географии и экологии отдельных их видов, своевременным представляется вопрос анализа потенциального значения этих широко распространенных представителей грибоподобных протистов при изучении лесных сообществ. Возможность интерпретации данных о встречаемости и субстратной приуроченности различных видов миксомицетов может открыть широкие перспективы для оценки текущего состояния лесных экосистем.

Миксомицеты, или плазмодиальные слизевики – класс высокоорганизованных грибоподобных спорообразующих протистов, ввиду специфики своего жизненного цикла существенно обособленных от представителей животного и растительного мира. Трофические стадии *Muchomycetes*, представленные подвижными одноклеточными амебоидными и флагеллятными клетками, способны образовывать многоядерный плазмодий, а в определенных условиях, например, при недостатке пищи, формировать сложные спороношения [2, 3].

Наличие расселительной стадии дает значительное преимущество изучению грибоподобных протистов среди прочих представителей сообществ микроорганизмов лесных экосистем.

Эколого-трофические группы миксомицетов выделяются на основании данных о встречаемости спороношений отдельных видов на тех или иных типах субстратов. Среди миксомицетов-сапробионтов в условиях бореальных лесов выделяют развивающиеся на мертвой древесине и иных растительных остатках ксилобионтный и подстилочный комплексы. К группе эпифитов относят кортикальные виды – обитателей поверхности коры древесных и полудревесных растений и узкоспециализированные виды, например, виды-бриофилы. Развитие группы нивальных миксомицетов, споруляция которых происходит ранней весной вблизи тающего снега, определяется в первую очередь влиянием низких положительных температур.

Большинство видов миксомицетов не приурочено к какому-либо конкретному типу субстрата и может входить в состав нескольких субстратных комплексов [3].

Инвентаризация *Muchomycetes* осуществляется при комплексном использовании метода полевых сборов и метода «влажных камер». Отличающиеся макроскопическими размерами спороношений, хорошо заметные в по-



левых условиях виды-ксилобионты составляют основную массу находок. Проводящиеся на территории Кировской области исследования видового разнообразия миксомицетов показывают преобладание видов ксилобионтного комплекса в структуре выявляемых миксобийот. Представители условно выделяемого подстилочного комплекса слизевиков часто наблюдаются на значительно большем диапазоне субстратов, в то же время частный характер носят находки спораношений более узкоспециализированных миксомицетов эпифитной группы.

В целом видовое разнообразие миксомицетов в районах исследований коррелирует с присутствием лиственных пород деревьев в составе изучаемых фитоценозов. В частности, наибольшее видовое разнообразие слизевиков (34 вида) наблюдается на пойменном участке «Нургуш», в зоне охраны реликтовых хвойно-широколиственных лесов [4]. В более типичных для южной и средней тайги экосистемах оно значительно снижается вследствие преобладания в древостоях хвойных пород.

Миксомицеты ксилобионтного комплекса в условиях лесных экосистем вероятно больше других чувствительны к содержанию влаги и доступности пищи. Прочие виды, часто демонстрирующие приуроченность сразу к нескольким субстратным комплексам, отличаются пластичностью к более широкому диапазону ограничивающих их жизнедеятельность факторов. Это доказывается, в том числе, возможностью выявлять такие виды методом «влажной камеры». В то же время при инкубации во влажных камерах невозможно получение спораношений многих видов-ксилобионтов.

Ключевое влияние на их распространение оказывает доступность микроместообитаний, способных сохранять нужное количество влаги, поддерживать первичное заселение популяциями бактерий, основным трофическим ресурсом слизевиков, и предоставляющих таким образом наиболее благоприятные условия для развития миксамеб и плазмодиев миксомицетов. В лесных экосистемах такими микроместообитаниями могут служить пни, валежные деревья, порубочные остатки, что объясняет разнообразие и широкую распространенность видов ксилобионтного комплекса в условиях средней полосы.

Изучение миксомицетов в Кировской области проводится по большей части на территориях ООПТ. Выявляемое в ходе подобных исследований видовое разнообразие может свидетельствовать о малонарушенности охраняемых экосистем. Важным аспектом успешности исследований на территории пойменного участка заповедника «Нургуш» является запрет хозяйственной деятельности на охраняемых территориях, обеспечивающий совместно с особенностями местных экосистем исключительное богатство субстратов, потенциально пригодных для обитания на них миксомицетов. В условиях модифицируемых хозяйственной деятельностью человека лесов встречаемость слизевиков, напротив, может косвенно свидетельствовать о низком уровне лесохозяйственной культуры исследуемых лесных угодий. В то же время, лесное хозяйство может оказывать положительное влияние на результаты ин-

вентаризации миксомицетов. В частности, преобладание видов-ксилобионтов на охраняемой территории участка «Тулашор», отчасти объясняется последствиями ранее проводившихся там лесозаготовок [5]. А на территории «Низевского таежно-болотного комплекса» формированию удобных для миксомицетов микроместообитаний и обилию представителей ксилобионтного комплекса способствовало проведение рубок ухода. Частота встречаемости спорношений миксомицетов в условиях лесохозяйственной деятельности человека неравномерно повышается в зонах повышенной плотности микроместообитаний, что может существенно искажать выводы статистической обработки данных. Тем не менее, при исследовании видового состава слизевиков, когда нет необходимости стандартизировать результат, исследование зон концентрации порубочных остатков способствует раскрытию гораздо большего видового разнообразия.

Состав и субстратная структура лесной миксобиоты формируется под влиянием комплекса факторов, сочетающего совместное действие условий микроклимата и доступность местообитаний, пригодных для колонизации миксомицетами. Это влияние обусловлено естественными особенностями исследуемых лесных сообществ, а также характером модифицирующей деятельности человека. Обилие легко фиксируемых в полевых условиях макро-размерных спорношений миксомицетов ксилобионтного комплекса, таким образом, может свидетельствовать о малонарушенности исследуемых лесных сообществ. Фиксация локальных «скачков» плотности слизевиков в местах концентрации антропогенных микроместообитаний, например порубочных остатков, может восприниматься как положительный феномен и в случае, например, осуществления инвентаризации видового состава миксомицетов, способствовать более высокой результативности проводимых исследований. Видовое разнообразие грибоподобных протистов определяется динамическим состоянием экосистем и часто способно его проецировать. Сообщества миксомицетов являются важным объектом в исследованиях лесных экосистем.

#### **Библиографический список**

1. Широких А. А. Миксомицеты заповедника Нургуш. Киров : О-Краткое, 2018. 92 с.
2. Гмошинский В. И., Дунаев Е. А., Киреева Н. И. Определитель миксомицетов Московской области : учебно-методическое пособие. М. : МГУ, 2016. 160 с.
3. Новожилов Ю. К. Определитель грибов России: Отдел Слизевики. СПб. : Наука, 1993. 288 с.
4. Широких А. А., Березина Ю. С. Грибоподобные протисты как элемент лесных экосистем // Сохранение лесных экосистем : проблемы и пути их решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров : Вятский государственный университет, 2017. С. 275–279.
5. Широких А. А., Широких И. Г. Биоразнообразие слизевиков на эталонных участках средней и южной тайги Кировской области // Сохранение лесных экосистем : проблемы и пути их решения : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Киров : Вятский государственный университет, 2019. С. 315–319.

## ВЛИЯНИЕ ЦИНКА НА РОСТСТИМУЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ИЗОЛЯТОВ РИЗОБАКТЕРИЙ *PSEUDOMONAS SP.*

*Г. Г. Борисова, А. В. Подставкаина, О. В. Воропаева, М. Г. Малева, Трипти*  
Уральский федеральный университет,  
*tripti.academic@gmail.com*

Изучено действие цинка (50 и 100 мМ) на синтез индолил-3-уксусной кислоты и солюбилизацию фосфатов у изолятов *Pseudomonas sp.*, выделенных из ризосферы *Platanthera bifolia* (любка двулистная), произрастающей в естественном фитоценозе и на золоотвале. Показано, что экспозиция с цинком оказывала негативное влияние на ростстимулирующие свойства изолятов. Максимальным ингибирующим эффектом обладали ионы цинка в концентрации 100 мМ.

Ключевые слова: растительно-микробные взаимодействия, ионы цинка, рост бактериальной культуры, индолил-3-уксусная кислота, солюбилизацию фосфатов, ингибирование.

В результате активного антропогенного воздействия в окружающей среде увеличивается концентрация токсичных элементов, в том числе тяжелых металлов, одним из которых является цинк [1]. Известно, что цинк относится к важнейшим эссенциальным элементам, играющим фундаментальную роль в биохимических и физиологических процессах жизнедеятельности биологических систем [2]. Однако его накопление в повышенных концентрациях отрицательно влияет на физические и физико-химические свойства почв. Избыток цинка подавляет жизнедеятельность микроорганизмов, вследствие чего изменяется структура микробных сообществ, нарушаются процессы преобразования органического вещества в почвах, разложения целлюлозы, дыхания и т. д. [1, 3].

Важную роль в жизнедеятельности растений играют ризосферные бактерии, способные к производству фитогормонов, солюбилизации фосфатов, хелатированию железа, фиксации атмосферного азота [4]. Такие бактерии были названы PGPR (от англ. «Plant Growth Promoting Rhizobacteria» – ризобактерии, способствующие росту растений) [5].

Целью исследования была оценка влияния цинка на ростстимулирующие свойства изолятов бактерий *Pseudomonas sp.*, выделенных из ризосферы орхидеи *Platanthera bifolia* (любка двулистная).

Образцы ризосферной почвы *P. bifolia* были отобраны на территории Свердловской области: в естественном фитоценозе в окрестностях биологической станции УрФУ, в 50 км к юго-востоку от г. Екатеринбурга (56°35'30,24" N 61°03'12,13" E), и на нерекультивированном участке золоотвала Верхнетагильской ГРЭС (57°20'46"N 59°56'45"E). Выделение и культивирование ризосферных бактерий проводили на жидкой и агаризованной сре-

де Луриа-Бертани (LB). Из изученных местообитаний было отобрано два штамма ризобактерий, сходных по морфологическим и физиолого-биохимическим характеристикам [6]. После проведения молекулярно-генетической идентификации методом 16S рРНК они были идентифицированы как *Pseudomonas* sp.

Ростстимулирующую способность изолятов оценивали по интенсивности синтеза индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) и солюбилизации недоступных фосфатов в присутствии и в отсутствие цинка. Для оценки способности исследуемых штаммов синтезировать ИУК ризобактерии культивировали на среде LB с добавлением *L*-триптофана. Концентрацию ИУК в супернатанте измеряли на 1-е, 6-е и 14-е сутки экспозиции на планшетном спектрофотометре (Infinite M200 PRO, Tecan, Австрия) при 530 нм, после добавления реактива Сальковского [7]. В качестве стандарта использовали ИУК («Sigma-Aldrich», США). Параллельно оценивали динамику роста культур *Pseudomonas* sp. на среде LB с добавлением *L*-триптофана.

Для определения способности выделенных штаммов к солюбилизации фосфатов бактерии инкубировали на жидкой среде NBRIP («National Botanical Research Institute's phosphate growth medium»). Количество доступных форм фосфора определяли на 1-е, 6-е и 14-е сутки при длине волны 420 нм после реакции с ванадиево-молибденовым реагентом. В качестве стандарта для построения калибровочной кривой использовали растворимую форму фосфата  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  [7]. Параллельно оценивали динамику роста культур *Pseudomonas* sp. на среде NBRIP.

Для оценки влияния цинка на рост изолятов и их ростстимулирующие свойства в среду добавляли 50 и 100 Мм цинка (соответственно Zn 50 и Zn 100). В качестве контроля использовали среду без внесения цинка (Zn 0).

На среде LB в отсутствие цинка изоляты *Pseudomonas* sp. достигали стационарной фазы на 6–8 сутки культивирования, при экспозиции с различными концентрациями Zn – на 10–13 сутки. При добавлении 100 мМ цинка наблюдался слабый рост бактериальных культур (в среднем на 74% ниже контроля).

Известно, что синтез бактериальной ИУК оказывает положительное влияние на развитие корневой системы растений, что способствует улучшению их питания, ускорению роста, формированию стрессоустойчивости [4, 7].

По мере роста бактериальных культур накопление ИУК в среде LB с добавлением *L*-триптофана увеличивалось (рис. 1). Изолят ризобактерий *Pseudomonas* sp. из естественного фитоценоза при добавлении Zn 50 продуцировал ИУК примерно на том же уровне, как и в отсутствие цинка (даже немного выше), в то время как на среде с Zn 100 выработка ИУК снижалась в 2,4 раза (рис. 1А). Бактерии из ризосферы *P. bifolia*, произрастающей на золотвале, в первые сутки экспозиции продуцировали ИУК в 1,6 раз больше, чем изоляты из естественного фитоценоза. Однако при добавлении Zn 50 и Zn 100 ее количество снижалось в 1,6 и 3,8 раза соответственно по сравнению с Zn 0 (рис. 1Б).

В оптимизации фосфорного питания растений важную роль играет способность многих ризобактерий солюбилизировать труднодоступные соединения почвенного фосфора. Выделение бактериями органических кислот приводит к подкислению среды и высвобождению растворимых фосфатов из нерастворимых комплексов. Фосфаты могут также высвобождаться из органических соединений почвы с помощью ряда бактериальных ферментов [4, 7].

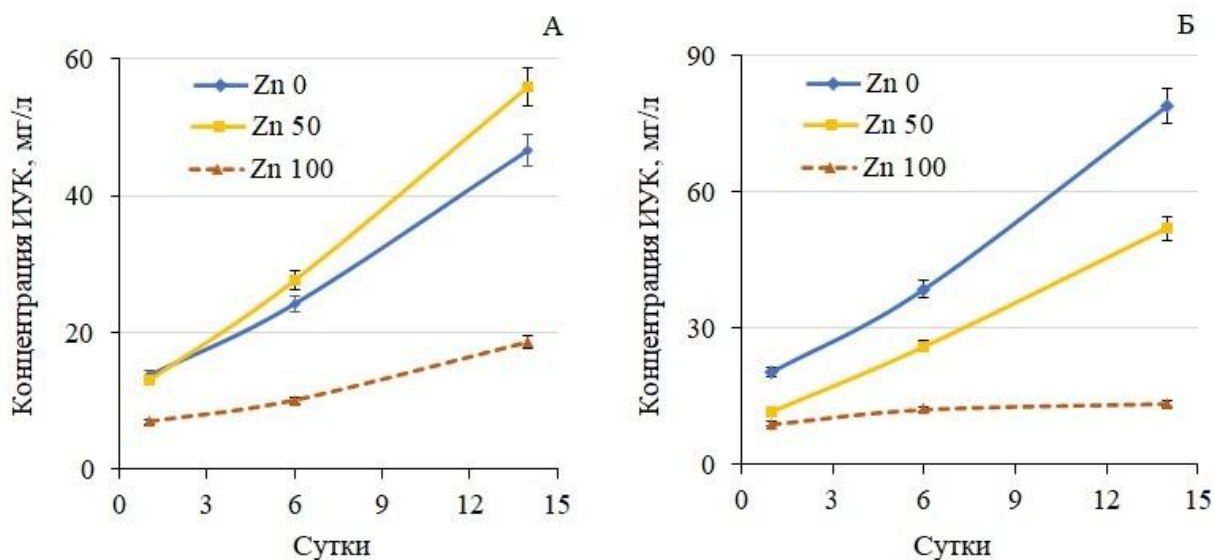


Рис. 1. Динамика накопления ИУК на среде LB у изолятов *Pseudomonas* sp., выделенных из ризосферы *P. bifolia* в естественном фитоценозе (А) и на золоотвале (Б). Варианты: Zn 0 (без цинка), Zn 50 (Zn 50 мМ), Zn 100 (Zn 100 мМ)

По мере роста бактериальных культур накопление фосфатов в культуральной жидкости увеличивалось (на 5–6-е сутки культивирования), а затем – уменьшалось. Добавление Zn 50 приводило к снижению солюбилизующей способности у ризобактерий в среднем в 1,7 раза (рис. 2). Однако наибольший ингибирующий эффект оказывал Zn 100: уровень накопления фосфатов у изолята из естественного фитоценоза снижался в 2 раза по сравнению с Zn 0 (рис. 2А), а у ризобактерий, выделенных из зольного субстрата, в 6 раз (рис. 2Б).

В первые сутки экспозиции в отсутствие цинка ризобактерии *Pseudomonas* sp., выделенные из зольного субстрата, солюбилизировали недоступные фосфаты на более высоком уровне, чем изолят из естественного фитоценоза (на 14%). На 6-е и 14-е сутки достоверных различий по солюбилизующей способности бактерий между изученными местообитаниями не было обнаружено. При экспозиции на среде с Zn 50 ризобактерии также практически не отличались по способности солюбилизировать фосфаты, в то время как при добавлении Zn 100 величина накопления доступных фосфатов у изолята из зольного субстрата была почти в 3 раза ниже, чем у изолята из естественного фитоценоза (рис. 2).

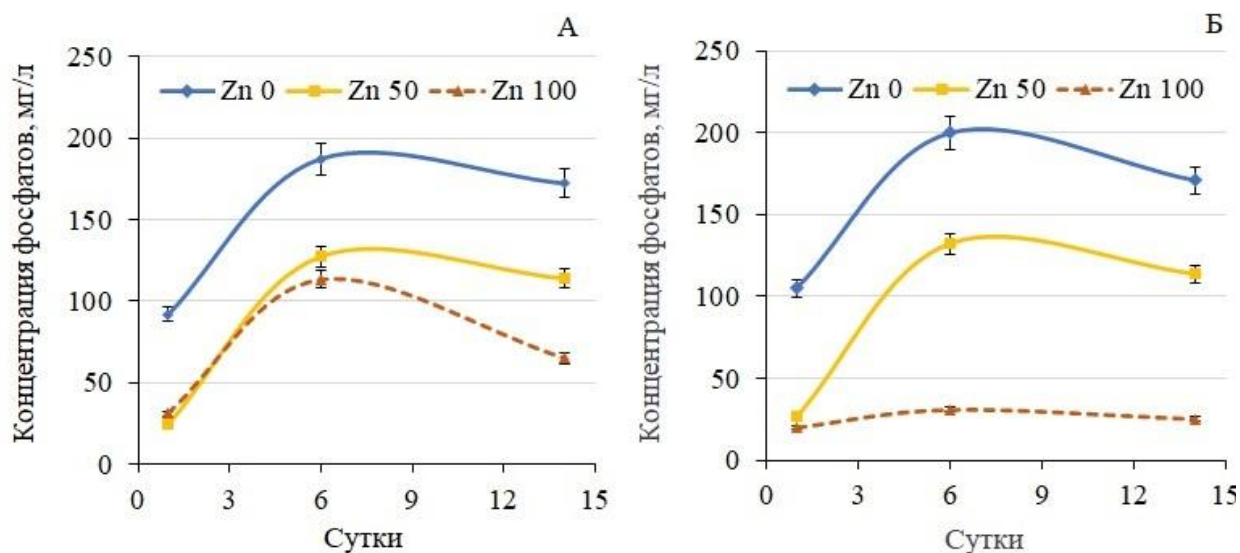


Рис. 2. Динамика накопления фосфатов на среде NBRIP у изолятов *Pseudomonas* sp., выделенных из ризосферы *P. bifolia* в естественном фитоценозе (А) и на золотвале (Б). Варианты: Zn 0 (без цинка), Zn 50 (Zn 50 мМ), Zn 100 (Zn 100 мМ)

Таким образом, в результате проведенного исследования была доказана способность изолятов *Pseudomonas* sp., выделенных из ризосферы *P. bifolia*, к синтезу ИУК и солюбилизации фосфатов, и выявлены эффекты цинка на рост PGPR и их свойства. По мере роста бактериальной культуры накопление ИУК в среде увеличивалось, а количество растворенных фосфатов сначала увеличивалось, а затем – уменьшалось. Экспозиция с цинком замедляла рост бактериальной культуры, снижала выработку ИУК и еще в более значительной степени – солюбилизацию фосфатов. При этом максимальным ингибирующим эффектом обладали ионы Zn в концентрации 100 мМ. В целом штамм ризобактерий *Pseudomonas* sp., изолированный из зольного субстрата, оказался менее устойчивым к действию цинка, чем выделенный из ризосферной почвы естественного фитоценоза.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00292, <https://rscf.ru/project/23-26-00292>.

#### Библиографический список

1. Медведев И. Ф., Деревягин С. С. Тяжелые металлы в экосистемах. Саратов : «Ракурс», 2017. 178 с.
2. Проблема дефицита цинка в рационе питания населения и биотехнологические подходы к ее решению / Н. И. Дубовец, Н. М. Казнина, О. А. Орловская, Е. А. Сычёва // Молекулярная и прикладная генетика. 2021. Т. 31. С. 147–158. doi: 10.47612/1999-9127-2021-31-147-158
3. Семенова И. Н., Ильбулова Г. Р., Суюндуков Я. Т. Изучение экологотрофических групп почвенных микроорганизмов в зоне влияния горнорудного производства // Фундаментальные исследования. 2011. № 11 (2). С. 410–414.

4. Chandran H., Meena M., Swapnil P. Plant growth-promoting rhizobacteria as a green alternative for sustainable agriculture // Sustainability. 2021. Vol. 13 (19). Article No 10986. doi: 10.3390/su131910986

5. Генно-инженерный подход в решении «неразрешимых» задач ремедиации почв / А. А. Гулевич, Е. Н. Баранова, И. Г. Широких, А. А. Широких // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 2. С. 5–15. doi: 10.25750/1995-4301-2018-2-005-015

6. Определитель бактерий Берджи: В 2 т. Пер. с англ. / под ред. Дж. Хоулта и др. М. : Мир, 1997. Т. 2. 368 с.

7. Ростстимулирующая активность и металлоустойчивость изолятов бактерий из ризосферы орхидеи *Epipactis atrorubens*, произрастающей на серпентинитовых субстратах Среднего Урала / О. В. Воропаева, Г. Г. Борисова, М. Г. Малева, А. В. Подставкаина, А. А. Ермошин, А. С. Тугбаева, Е. И. Филимонова // Журнал Сибирского федерального ун-та. Биология. 2022. Т. 15 (3). С. 297–313. doi: 10.17516/1997-1389-0389

## ЭПИФИТНАЯ И РИЗОСФЕРНАЯ МИКРОБИОТА ГЕРБАРНЫХ ОБРАЗЦОВ РАСТЕНИЙ РАЗНЫХ СЕМЕЙСТВ

*А. И. Коротких<sup>1</sup>, Л. И. Домрачева<sup>1, 2</sup>, А. Л. Ковина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный агротехнологический университет,  
nm-flora@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук*

В статье представлены актуальные исследования, проводимые на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятского ГАТУ по «оживлению» микробиоты гербарных образцов растений трех видов из различных семейств. Выполнена сравнительная характеристика численного и группового состава эпифитной и ризосферной микробиоты в пределах одного и того же вида растения, а также в пределах различных семейств.

Ключевые слова: гербарий, эпифитная и ризосферная микробиота, аммонификаторы, грибы.

Растения являются своеобразной экологической нишей для разных групп микроорганизмов, которые поселяются и ведут активный образ жизни как на надземной, так и подземной частях растений. Микроорганизмы, которые обитают на листьях, стеблях, плодах, семенах называются эпифитами [1]. Микробы-эпифиты не паразитируют на растении, а растут и питаются за счет прижизненных выделений, а также за счет небольшого количества органических и минеральных веществ, попадающих из воздуха с пылью, частицами почвы и другими загрязнителями. Довольствоваться столь скудным питанием могут далеко не все микроорганизмы, поэтому состав эпифитной микрофлоры довольно специфичен [2]. Для того, чтобы удержаться и выжить на поверхности растений, эпифитам необходимо обладать рядом следующих свойств: быть устойчивыми к растительным фитонцидам, к солнечной инсо-

ляции, к перепадам температур, к колебаниям влажности, иметь «прикрепляющие» механизмы (слизь, фимбрии), чтобы удержаться на поверхности при неблагоприятных погодных условиях (ветер, дождь и др.).

Почва, прилегающая к корневой системе растений, называется ризосферной. Корни способны изменять её структуру, выделяя значительное количество углекислоты. Экзометаболиты корней, которые влияют на растворимость некоторых соединений (органические кислоты, сахара, спирты, аминокислоты и др.) обеспечивают активное размножение сапрофитных микроорганизмов, при этом численность ризосферной микробиоты намного выше, чем в окружающей почве. Это явление получило название «ризосферный эффект» [3]. Для ризосферной микробиоты условия существования в почве являются более благоприятными, чем для эпифитов: менее значимы колебания параметров влажности, температуры; существует постоянная связь с корневой системой, которая обуславливает непрерывный приток питательных веществ. Проведенные многочисленные исследования, связанные с определением параметров эпифитных и ризосферных микробных комплексов, показывают, что численность микробиоты в ризосфере не только больше, чем в окружающей почве, но и существенно превышает численность эпифитной микрофлоры на этом же растении [4, 5].

Как показали ранее проведенные опыты на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии, определение численности эпифитной и ризосферной микрофлоры растений возможно и у гербарных образцов растений. В частности, «оживление» растительной микробиоты гербарных образцов бурых водорослей, собранных в первой половине прошлого века, и растений семейства Лютиковые, собранных и гербаризированных в 1899 г., доказало возможность использования гербариев для изучения микрофлоры давних лет [6, 7]. В этом плане выделенные в чистую культуру микроорганизмы, когда-то обитающие в относительно чистых экотопах, представляют определенный интерес для исследования их биотехнологических возможностей.

Цель данной работы – сравнить численность и групповой состав эпифитной и ризосферной микробиоты гербарных образцов трех видов растений из различных семейств: Liliaceae (Лилейные), Umbelliferae (Зонтичные) и Caryophyllaceae (Гвоздичные).

В качестве объектов исследования были взяты гербарные образцы трех видов высших растений: птицемлечник зонтичный (*Ornithogalum umbellatum* L.), семейство Liliaceae (Лилейные), подлесник европейский (*Sanicula europaea* Z.), семейство Umbelliferae (Зонтичные), гвоздика (*Dianthus*), семейство Caryophyllaceae (Гвоздичные).

Данные растения были собраны и гербаризированы выдающимся альгологом, доктором биологических наук, профессором Эмилией Адриановной Штиной (1910–2007 гг.). С 1941 г. Эмилия Адриановна работала на кафедре ботаники в зооветеринарном институте (созданном в октябре 1930 г.), ныне Вятский государственный агротехнологический университет, поэтому в эти



годы ею была собрана и гербаризирована большая коллекция флоры тех времен из разных мест произрастания [8]. В частности, в коллекции гербарных растений Эмилии Адриановны оказались исследуемые нами объекты, собранные 8 августа и 16 августа 1949 г. в Краснодарском крае на горных хребтах Ачишко (гвоздика (*Dianthus*) и Псекохо (подлесник европейский (*Sanicula europaea* Z.) и 15 мая 1964 г. на полуострове Крым в Крымском заповеднике (птицемлечник зонтичный (*Ornithogalum umbellatum* L.).

Для изучения ризосферной гербарной микробиоты осторожно отделяли корни и оставшуюся на корнях почву, а для изучения эпифитной – побег и листья. Для приготовления смывов использовали стерильную дистиллированную воду (100 мл) в колбах в расчете 0,5 гр на 100 мл (1:200). Для отделения микроорганизмов от поверхности корней, побегов и листьев использовали механическую качалку (5 минут).

Микробиологический анализ проводили путем глубинного посева методом предельных разведений на селективные питательные среды: ГРМ-агар – для аммонификаторов, Чапека – для микромицетов. Опыт проведен в трехкратной повторности для каждой группы микроорганизмов.

Учет численности эпифитных и ризосферных микроорганизмов исследуемых образцов гербарных растений показал, что стабилизация численности колоний на питательных средах произошла на 7 сутки. При этом, как в «эпифитных» посевах, так и в «ризосферных», полученные результаты оказались ниже тех, которые обычно наблюдаются при учете численности микроорганизмов со свежееизъятых из почвы растений. Численность эпифитной микробиоты у трех видов гербарных образцов различных семейств оказалась примерно одинаковой (табл. 1). Наименее обильна эпифитная микробиота птицемлечника зонтичного (400 КОЕ/г), в то время как сохранность эпифитной микробиоты подлесника европейского и гвоздики оказалась одинаковой (660 КОЕ/г).

Таблица 1

**Численность эпифитной микробиоты гербарных образцов растений семейств *Liliaceae*, *Umbelliferae* и *Caryophyllaceae* (КОЕ/г)**

Растение	Аммонификаторы	Грибы	Общая численность
Птицемлечник зонтичный	200	200	400
Подлесник европейский	260	400	660
Гвоздика	400	260	660

Для ризосферной микробиоты разброс численности бактерий оказался существенно выше, чем у эпифитов. Разница между максимальным и минимальными показателями для бактерий превышает в три раза (табл. 2). Максимальная численность (1800 КОЕ/г) отмечена для ризосферной микробиоты птицемлечника зонтичного, а минимальная численность (600 КОЕ/г) наблюдалась у гвоздики.

**Численность ризосферной микробиоты гербарных образцов растений семейств *Liliaceae*, *Umbelliferae* и *Caryophyllaceae* (КОЕ/г)**

Растение	Аммонификаторы	Грибы	Общая численность
Птицемлечник зонтичный	1400	400	1800
Подлесник европейский	400	400	800
Гвоздика	400	200	600

Изучение структуры эпифитных и ризосферных микробных группировок выявило, что в разных случаях преобладание получают или грибы, или бактерии. Для эпифитных группировок у разных растений наблюдается три варианта структурной организации: паритетное представительство бактерий и грибов у птицемлечника зонтичного (50%), доминирование грибов у подлесника европейского (61%) и доминирование бактерий у гвоздики (61%) (рис.). Доминантами среди микромицетов были представители рода *Trichoderma*, также как в предыдущих опытах с ризосферными посевами образцов гербарных растений семейства Лютиковые [9].

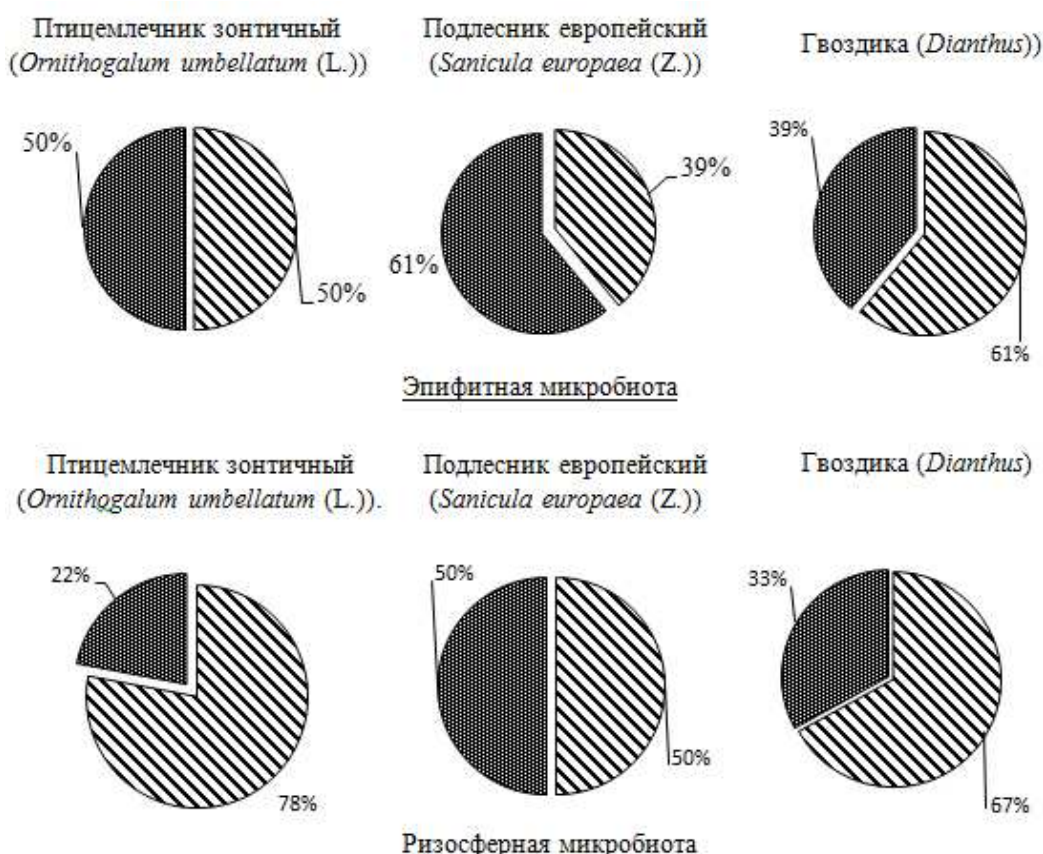




Рис. Структурные особенности группировок ризосферных и эпифитных микроорганизмов трех видов образцов гербарных растений из разных семейств

Условные обозначения:  – аммонификаторы,  – грибы.

У ризосферных микроорганизмов в структуре популяции птицемлечника зонтичного наблюдается самое массовое развитие бактерий (78%) по срав-

нению с микромицетами (22%), с абсолютным преобладанием бактерий рода *Bacillus*. Преобладание бактерий характерно и для гвоздики (67%). У подлесника европейского одинаковое представительство бактерий и грибов (50%).

Таким образом, проведенные исследования показали, что численность и групповой состав ризосферных микробных комплексов у гербарных образцов растений различных семейств отличается от численности и структурных группировок эпифитных микроорганизмов. Численность ризосферных микроорганизмов превышает численность эпифитных, что связано, вероятно, с адгезивными способностями некоторых микроорганизмов сохраняться на почвенных частицах примыкающих, непосредственно к корням растений и на самих корнях. Типичные представители эпифитных и ризосферных микроорганизмов бактерии р. *Bacillus* и грибы р. *Trichoderma* были выделены в чистые культуры для дальнейших исследований их биотехнологического потенциала, в частности, проведено тестирование выделенных штаммов на антагонистическую активность против фитопатогенного гриба рода *Fusarium*.

#### Библиографический список

1. Бороздина И. Б., Мануйлов И. М. Микрофлора семян лекарственных растений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 9 (83). С. 43–47.
2. Пархоменко А. Н., Жамекова Ш. Ф. Эпифитные микроорганизмы как объекты биотехнологии // Актуальные проблемы науки и техники : материалы II Междунар. науч.-технич. конф., посвященной 70-летию ИМИ - ИжГТУ и 60-летию СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ им. М. Т. Калашникова». Ижевск : Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2022. С. 96–98.
3. Рогожина Е. В., Малюкова Л. С. Групповой состав и функциональная активность комплекса ризосферных микроорганизмов культуры чая в условиях субтропической зоны России // Субтропическое и южное садоводство России. 2009. № 42 (2). С. 111–118.
4. Сорокин Н. Д., Афанасова Е. Н. Структура и динамика микробных комплексов филлосферы и ризосферы хвойных видов лесных биогеоценозов Приенисейской Сибири (на примере Предивинского лесхоза) // Вестник КрасГАУ. 2016. № 8. С. 53–58.
5. Структура бактериальных сообществ основных типов растений верхового болота / Т. Г. Добровольская, А. В. Головченко, Е. Н. Юрченко, Н. В. Костина // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2019. № 1. С. 42–46.
6. Гербарные образцы бурых водорослей и биопленок *Nostoc commune* как носители микрофлоры / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, В. С. Симакова, А. А. Берг // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров : ВятГУ, 2018. С. 27–29.
7. Ковина А. Л., Домрачева Л. И., Малинина А. И. 120-летняя сохранность ризосферной микрофлоры гербарных образцов растений семейства Ranunculaceae (Лютиковые) // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием: в 2 кн. Кн. 1. Киров : ВятГУ, 2018. С. 230–233.
8. Домрачева, Л. И. Эмилия Адриановна Штина – Великий российский альголог // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной 110-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной. Киров : Вятская ГСХА, 2020. С. 5–8.
9. Старинные гербарии как источник «спящей» микрофлоры / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, А. И. Малинина, С. А. Вахмянина, Т. К. Шешегова // Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., по-

священной 100-летию со дня рождения профессора Александра Филипповича Тимофеева. Т. 1. Часть 1. Киров : Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 149–156.

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ НА РАЗВИТИЕ АБОРИГЕННОЙ БАКТЕРИОБИОТЫ В РИЗОСФЕРЕ

*П. А. Стариков*<sup>1</sup>, *Л. И. Домрачева*<sup>1,2</sup>, *Т. К. Шешегова*<sup>3</sup>, *Л. М. Щеклеина*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный агротехнологический университет,  
*ya.starikov-pavel@yandex.ru*

<sup>2</sup> Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук,

<sup>3</sup> Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого, *immunitet@fanc-sv.ru*

При предпосевной инокуляции семян пшеницы различными группами микроорганизмов было показано, что в конце вегетационного сезона в ризосфере происходят определенные изменения в численности и структуре бактериальных группировок, включающих аммонификаторов и азотфиксаторов.

Ключевые слова: инокуляция, *Trichoderma*, *Fischerella*, *Fusarium*, *Azotobacter*, аммонификаторы, азотфиксаторы.

Интродукция микроорганизмов в ризосферу путем предпосевной инокуляции семян неизбежно приводит к определенным изменениям в составе ризосферной микробиоты [1]. Основная задача подобных агротехнических приёмов заключается не только в увеличении продуктивности растений вследствие азотфиксирующей, антагонистической, ростактивирующей активности микробов-интродуцентов, но и в безопасности и сохранности экологического равновесия исходного микробиоценоза [2].

В последние годы в качестве микробов-интродуцентов используют цианобактерии и грибы рода *Trichoderma*, а также их бинарные смеси [3, 4].

Цель исследований – оценить характер влияния предпосевной инокуляции семян яровой пшеницы различными группами микроорганизмов на развитие бактерий в ризосфере растений.

Для предпосевной обработки были использованы микромицеты *Fusarium culmorum* и *Trichoderma* sp., а также цианобактерия *Fischerella muscicola*. Изолят триходермы К-01П с гиперпаразитическими свойствами выделен из почвы, отобранной у берега реки Мостовицы в микрорайоне «Чистые пруды» города Кирова. По культуральным и морфологическим свойствам данный штамм соответствует роду *Trichoderma* [5]. *Fischerella muscicola* (Thur.) Gom. шт. 300 с антифузариозной активностью выделена из дерново-подзолистой почвы в Кировской области, поддерживается в альгологически чистом виде в коллекции фототрофных микроорганизмов кафедры

биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятского ГАТУ. Для искусственного заражения семян применяли высокопатогенный штамм *F. culmorum* P-з/16, изолированный из зерна озимой ржи (2016 г.) сотрудниками лаборатории иммунитета и защиты растений ФАНЦ Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого. В качестве эталонного варианта использовали химический фунгицид МАКСИМ® от компании «Ваше хозяйство». Тест-культурой являлась яровая пшеница сорта Баженка.

Перед посевом семян проводили инокуляцию их в суспензиях *Trichoderma* sp. (с титром  $7,15 \pm 0,96 \cdot 10^7$  кон./мл), *F. muscicola* (с титром  $1,15 \pm 0,18 \cdot 10^7$  кл./мл) и *F. culmorum* (с титром  $8,90 \pm 0,34 \cdot 10^5$  кон./мл). Титры суспензий определяли путем подсчета в камере Горяева в 4-х повторностях. Культуры микромицетов выращивали на агаризованной среде Чапека, а цианобактерии – на жидкой среде Громова № 6 без азота [6]. Суспензии триходермы и фузариума готовили путем смыва спор стерильной водой с поверхности среды. В качестве цианобактериального инокулянта использовали жидкую культуру *F. muscicola*.

Варианты опыта: № 1 – контроль; № 2 – *Trichoderma* sp. К-01П; № 3 – *Fischerella muscicola* шт. 300; № 4 – *Fusarium culmorum* P/з-16; № 5 – *Trichoderma* + *Fischerella*; № 6 – *Trichoderma* + *Fusarium*; № 7 – *Fischerella* + *Fusarium*; № 8 – *Trichoderma* + *Fischerella* + *Fusarium*; № 9 – химический фунгицид (эталон).

В вариантах опыта № 2, 3, 4 семена инкубировали в суспензии в течение 30 минут. В варианте № 5 семена выдерживали 30 минут в смеси *Trichoderma* + *Fischerella* в соотношении 1:1. В вариантах № 6, 7 и 8 семена замачивали в течение получаса в суспензиях антагонистов, затем подсушивали, после чего выдерживали в суспензии фитопатогена в течение 30 минут, имитируя заражение инфекцией. В варианте № 9 семена выдерживали в 0,2%-ном растворе препарата МАКСИМ® в течение 30 минут. Суспензии и рабочие растворы использовали в соотношении 12 мл / 20 г семян. В контроле семена не обрабатывали. Опыт закладывали на фитопатологическом участке лаборатории иммунитета и защиты растений ФАНЦ Северо-Востока. Повторность в опыте 4-х кратная, площадь делянок 1 м<sup>2</sup>, норма высева 400 семян/м<sup>2</sup>. Посев проведен 6 мая 2022 года.

В качестве предшественника пшеницы выступал чистый пар.

Почва опытных участков дерново-подзолистая, среднесуглинистая, сформированная на мергелизованных пермских глинах, слабосмытая высокоокультуренная (средний индекс окультуренности 0,83). Агрохимическая характеристика почвы: содержание гумуса – 2,43–3,56%; содержание подвижного фосфора – 334–349 мг/кг; обменного калия – 232–304 мг/кг почвы; рН солевой вытяжки – 5,0–5,4. Размещение контрольных и опытных делянок систематическое.

После уборки урожая выкопали корни пшеницы и использовали для количественного анализа ризосферной бактериобиоты почву с корнями с глубины 0–5 см.

При проведении микробиологического анализа ризосферной почвы учитывали 2 группы микроорганизмов: бактерии-аммонификаторы на среде ГРМ-агар и азотфиксаторы на среде Эшби.

Интенсивность развития азотобактера исследовали путем раскладывания комочков почвы на агаризованную среду Эшби. Относительное обилие азотобактера определяли методом обрастания комочков почвы, которые раскладывали в 2-х чашках Петри по 50 образцов.

Количественный учет проводился методом предельных разведений с дальнейшим посевом на питательные среды. Повторность посева на каждую среду 3кратная.

Результаты количественного учета бактерий показывают, что в составе микробных комплексов происходят определённые изменения. Обработка семян микромицетами и цианобактерией увеличивает численность аммонификаторов и азотфиксаторов в ризосфере во всех вариантах опыта (табл.).

Таблица

**Численность бактерий в ризосфере яровой пшеницы в вариантах опыта**

Вариант	Численность бактерий, КОЕ/г•10 <sup>3</sup> / Относительное количество, %					
	аммонификаторы		азотфиксаторы		всего	
Контроль	78,0±9,9	27,9	201,7±23,6	72,1	279,7	100
<i>Trichoderma</i> sp.	221,5±14,8	41,6	311,5±16,3	58,4	533,0	100
<i>F. muscicola</i>	114,3±18,9	32,8	233,7±10,0	67,2	348,0	100
<i>F. culmorum</i>	251,3±11,2*	43,0	332,5±14,8	57,0	583,8	100
<i>Trichoderma</i> sp. + <i>F. muscicola</i>	198,5±23,3	52,5	179,7±15,6	47,5	378,2	100
<i>Trichoderma</i> sp. + <i>F. culmorum</i>	144,5±4,9	42,0	199,5±17,7	58,0	344,0	100
<i>F. muscicola</i> + <i>F. culmorum</i>	205±15,6	69,5	90±25,5	30,5	295,0	100
<i>Trichoderma</i> sp. + <i>F. muscicola</i> + <i>F. culmorum</i>	142,5±0,7	33,6	281,5±13,4	66,4	424,0	100
Фунгицид	110,3±15,2	38,9	173±25,5	61,1	283,3	100

Примечание: \* наибольшие значения показателей выделены жирным шрифтом.

Особенно резкое увеличение общей численности бактерий наблюдается в вариантах с *F. culmorum*. Одним из объяснений может быть индуцирование фитопатогеном стрессового состояния пшеницы, при котором растение начинает «привлекать» в ризосферу бактериальные сообщества с целью создания конкуренции фузариуму.

Максимальная численность аммонификаторов отмечена в варианте обработки семян сочетанием *F. muscicola* + *F. culmorum*.

Относительное содержание азотобактера в вариантах опыта было различным. Согласно применяемой методике, обилие азотобактера в почве и, следовательно, степень её плодородия определяется по проценту обрастания комочков почвы колониями *Azotobacter* spp.

Реакция бактерий рода *Azotobacter* была довольно неодинаковой. Как правило, азотобактер используют в качестве индикаторного микроорганизма

на плодородие почвы. В тех случаях, когда процент обрастания почвы колониями достигает свыше 60-70%, можно говорить о высокой степени плодородия почвы [7]. В данном опыте различие в плодородии почвы на делянках обуславливалось микробной инокуляцией высеваемых семян.

Наименьший процент обрастания комочков наблюдался в вариантах опыта с инокуляцией семян цианобактериальным штаммом (рис. 1). Вероятно, фишерелла, обитающая в ризосфере, является конкурентом за экологическую нишу для других азотфиксаторов.

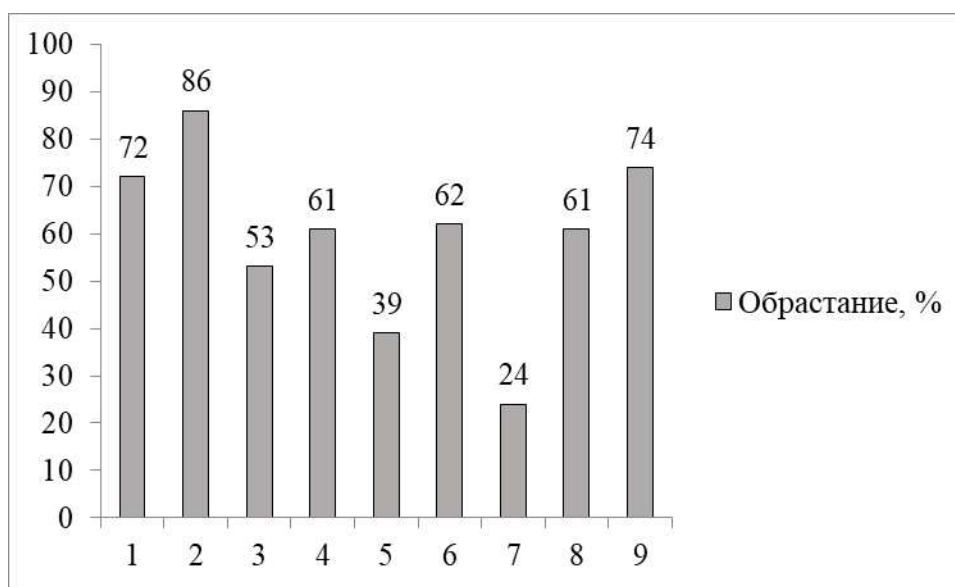


Рис. 1. Процент обрастания комочков почвы азотобактером.

Варианты опыта: 1 – контроль; 2 – *Trichoderma* sp. К-01П; 3 – *Fischerella muscicola* шт. 300; 4 – *Fusarium culmorum* P/3-16; 5 – *Trichoderma* sp. + *F. muscicola*; 6 – *Trichoderma* + *F. culmorum*; 7 – *F. muscicola* + *F. culmorum*; 8 – *Trichoderma* sp. + *F. muscicola* + *F. culmorum*; 9 – химический фунгицид (эталон)

Минимальное значение показателя в варианте *F. muscicola* + *F. culmorum* по азотобактеру полностью коррелирует с результатами по общей численности и процентному содержанию азотфиксаторов при определении показателей методом предельных разведений.

В варианте *Trichoderma* + *Fischerella* + *Fusarium* произошла меланизация колоний азотобактера (79% от общего числа обрастаний) (рис. 2). Вероятно, это связано с возникновением стрессовых условий в случае инокуляции семян пшеницы тройной смесью микроорганизмов.

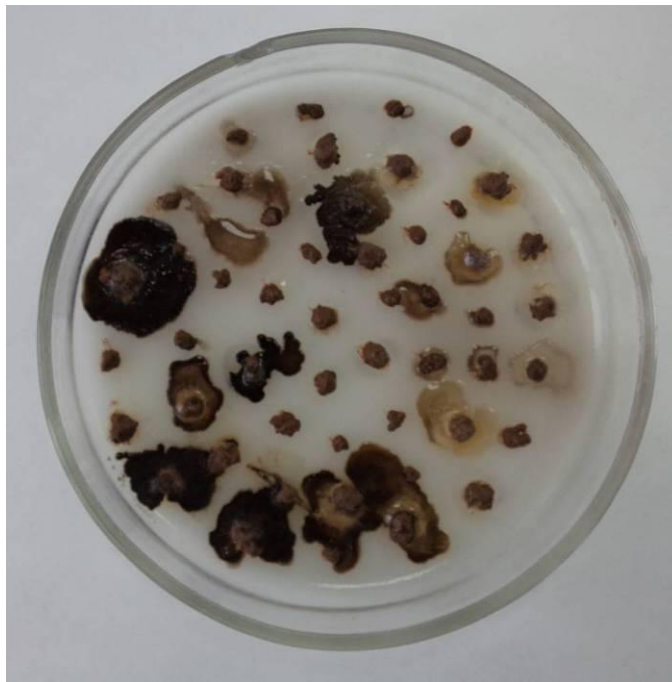


Рис. 2. Меланизация колоний азотобактера на агаризованной среде Эшби

Таким образом, предпосевная инокуляция семян моно-, бинарными и тройными смесями микроорганизмов, в состав которых входят как антагонисты, так и фитопатогены, приводит к существенным изменениям в численности и структуре бактериальных группировок, включающих аммонификаторов и азотфиксаторов. Эти изменения проявляются как в колебаниях численности бактерий по вариантам, где стимуляция обеих групп бактерий по сравнению с контролем наблюдается при обработке *F. culmorum*, так и в изменении соотношения бактерий, обеспечивающих минерализующую и азотфиксирующую активности.

Исследования показали, что сочетание при инокуляции семян смесью *F. muscicola* + *F. culmorum* приводит к снижению численности азотфиксаторов, их процентного вклада в группировки бактерий и в процент обрастания комочков почвы.

#### Библиографический список

1. Якубовская А. И. Интродукция ассоциативных штаммов в ризосферу риса и их влияние на количественный и качественный состав микробиоты // Биотехнология. Взгляд в будущее : IV Междунар. науч. Интернет-конф. Казань : ИП Д. Н. Синяев, 2015. С. 124–128.
2. Микробная интродукция и состояние почвенной аборигенной микрофлоры / Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина, Е. А. Горностаева, Д. В. Казакова, Е. С. Субботина // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 2. С. 55–59. doi: 10.25750/1995-4301-2015-2-042-055-059
3. Evaluating the promise of *Trichoderma* and *Anabaena* based biofilms as multifunctional agents in *Macrophomina phaseolina*-infected cotton crop / S. Triveni, R. Prasanna, A. Kumar, N. Bidiarani, R. Singh, A. K. Saxena // Biocontrol Science and Technology. 2015. Vol. 25. No. 6. P. 656–670. doi: 10.1080/09583157.2015.1006171
4. Влияние микробной инокуляции семян на развитие грибных болезней яровой пшеницы / П. А. Стариков, Т. К. Шешегова, Л. М. Щеклеина, Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : матери-



алы XX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2022. С. 189–194.

5. Определитель патогенных и условно патогенных грибов / Д. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди; Пер. с англ. К. Л. Тарасова и Ю. Н. Ковалева; под ред. И. Р. Дорожкой. М. : Мир, 2001. 468 с.

6. Нетрусов А. И., Егоров М. А., Захарчук Л. М. Практикум по микробиологии. М. : Академия, 2005. 608 с.

7. Артамонова В. С. Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв Западной Сибири. Новосибирск : Изд-во СО РАН. 2002. 225 с.

## **БИОЛОГИЯ ОДНОЛЕТНИХ КОРМОВЫХ И СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР, ИХ СВЯЗИ С ФОТОТРОФНЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ ПОЧВЫ**

*Л. В. Кондакова<sup>1,2</sup>, А. П. Кислицына<sup>3</sup>*

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

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми научного центра*

*Уральского отделения Российской академии наук, ecolab2@gmail.com*

<sup>3</sup> *ФАНЦ НИИСХ Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого*

Изучалась альгоцианофлора ризосферы и ризопланы однолетних кормовых и сидеральных культур лаборатории агрохимии и кормопроизводства ФАНЦ Северо-Востока: В ризосфере разных видов растений формируются различающиеся по видовому составу группировки водорослей. Ризосфера культурных растений богаче видами ризопланы этих же растений. Высшие растения способствуют сохранению альгоцианофлоры, что важно для всего почвенного микробиоценоза.

Ключевые слова: альгоцианофлора, ризосфера, ризоплана, кормовые и сидеральные культуры.

Высшие растения играют значительную роль в регулировании жизнедеятельности почвенных организмов. Изучалась альгоцианофлора ризосферы и ризопланы однолетних кормовых и сидеральных культур. Известно, что между водорослями и корнями высших растений существуют взаимодействия, при которых водоросли используют корневые выделения растений в качестве источников гетеротрофного питания. Развитие микроорганизмов в этой зоне стимулируется корневыми экссудатами и ризодепозитами. Корневые экссудаты представляют собой низкомолекулярные органические вещества, продукты фотосинтеза и метаболизма растения (сахара, органические аминокислоты, спирты, гормоны, витамины и др.). Корневые ризодепозиты включают не только экссудаты, но и высокополимерные слизи полисахаридной и белковой природы, ферменты, слущивающиеся клетки ризодермы и др. Масса корневых выделений может составлять более 30–40% продуктов фотосинтеза [1].

Водоросли, являясь фототрофными микроорганизмами, способны к миксотрофному питанию [2].

В ризосфере растений идет накопление бактерий, грибов, актиномицетов и водорослей. Считается, что получая часть энергетического материала от растений, микроорганизмы отдают займы легкоусвояемый азот, фосфор, железо, ряд важных, физиологически активных веществ [3]. Взаимоотношения высших растений с альгоцианофлорой ризосферы можно рассматривать и как один из вариантов консортивных отношений, где растение служит детерминантом консорции, а водоросли являются консортами [4].

Работ, касающихся распространения почвенных водорослей в ризосфере растений, немного [5–9]. В большинстве случаев наблюдалось определенное влияние растений на распределение водорослей в ризосферном слое почвы. Ризосферная и контрольная почва, ризосферные зоны разных видов растений могут различаться количеством видов микрофототрофов и таксономическим составом. На развитие водорослей в ризосфере оказывает влияние температура и влажность почвы, возраст и физиологическое состояние растений, поражение болезнями и механические повреждения.

Цель работы: изучить специфику сообществ водорослей и цианобактерий в ризосфере и ризоплане однолетних кормовых и сидеральных культур.

Объектами исследования были выбраны растения из коллекции однолетних кормовых и сидеральных культур лаборатории агрохимии и кормопроизводства ФАНЦ Северо-Востока:

*Люпин узколистный* (*Lupinus angustifolius* L.) сорта Сидерат 46. Обладает высокой азотфиксирующей способностью и в зависимости от почвенно-климатических условий способен аккумулировать в биомассе от 150 до 300 кг/га симбиотического азота и усваивать из труднодоступных слоев почвы фосфор и калий. Способствует подавлению почвенных корневых инфекций растений при запашке на зелёное удобрение.

*Вика яровая* (посевная) (*Vicia sativa* L.). Высокобелковая, высокоурожайная, экологически пластичная культура, растение длинного дня, холодостойкое, требовательное к влаге и почве. Способствует обогащению почвы азотом, с пожнивными остатками и корнями накапливает от 50 до 100 кг азота на 1 га.

*Фацелия* (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) является хорошим медоносным и кормовым растением. Растение скороспелое, холодостойкое и зимостойкое, хорошо выдерживает засушливые периоды лета в Нечерноземье, не требовательно к почве и уходу. На плодородных почвах даёт высокие урожаи. Используется как медонос и сидеральная культура. Хорошо обогащает почву азотом и калием. Выделяет фитонциды, что способствует подавлению развития в почве проволочника и нематод.

*Гречиха культурная* или посевная (*Fagopyrum sagittatum* Gilib.), является важной крупяной и медоносной культурой, малотребовательна к почвам.

Почва опытного участка дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, характеризовалась низким содержанием гумуса (слой 0...20 см –1,37%) силь-

нокислой реакцией среды ( $pH_{\text{сол.}} - 4,3$ ), средней степенью насыщенности оснований – 72,4% при ёмкости поглощения 15,6 мг-экв/100 г, почвы, высоким содержанием подвижного фосфора и обменного калия (190 мг/кг и 221 мг/кг). Содержание бора (0,39 мг/кг) – среднее и молибдена (0,07 мг/кг) – низкое.

Посев культур был проведён 25 мая сеялкой точного высева, перед посевом внесены минеральные удобрения, 1 ц/га нитроаммофоски.

Учёт зелёной массы и отбор образцов почвы и растений был проведён в конце фазы цветения культур во второй декаде июля.

Вегетационный период отличался крайне контрастными погодными условиями. Последняя пятидневка мая отличалась тёплой погодой с кратковременными осадками, что способствовало быстрому и дружному появлению всходов кормовых культур. В июне теплые периоды сменялись прохладными и дождливыми. Июль характеризовался сухой и жаркой погодой.

Почвенные пробы отбирали из ризосферы растений. У 5 экземпляров каждого анализируемого вида растения брали корневую систему, встряхиванием освобождали от свободной почвы и помещали в стерильные пакеты. Контролем служила почва, взятая вдали от корней растений. Для посева использовали как ризосферную почву, так и корни, с которых готовили смыв (ризоплану). Смыв с корней проводили следующим способом: в колбы со стерильной средой помещали освобожденные от ризосферной почвы корни растений, взбалтывали и оставляли на несколько часов. Затем, соблюдая стерильность, корни извлекали и колбы ставили на свет.

В контрольной почве отмечено 19 видов микрофототрофов, в почве ризосферы изучаемых растений – 23 вида, ризоплане – 8 видов (табл. 1).

Из сравниваемых культур наибольшее видовое разнообразие микрофототрофов выявлено в ризосфере *Vicia sativa* L. (13 видов) и *Lupinus angustifolius* L. (12). Несколько меньшее число видов отмечено в ризосфере гречихи (11).

Таблица 1

**Видовое разнообразие водорослей и цианобактерий  
в ризосфере однолетних кормовых культур**

Название растения	Количество видов по систематическим группам				Всего видов	Ризосферный эффект
	Суано- bacteria	Chlo- rophyta	Xanthophyta + Eustigmatophyta	Bacillari- ophyta		
Контроль	2	11	4	2	19	
<i>Vicia sativa</i> L.	4	4	4	1	13	0,68
<i>Lupinus angustifolius</i> L.	0	7	4	1	12	0,63
<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth	0	5	4	1	10	0,53
<i>Fagopyrum sagittatum</i> Gilib.	0	6	4	1	11	0,58

Контрольная и ризосферная почва отличаются соотношением представителей основных таксономических групп почвенных водорослей и ЦБ. В контрольной почве были отмечены представители цианобактерий (*Cylindrospermum licheniforme*, *C. muscicola*), в ризосферной почве ЦБ были выявлены только в ризосфере *Vicia sativa* (*Cylindrospermum licheniforme*, *C. muscicola*, *Nostoc linckia*, *Plectonema boryanum*). По числу видов во всех вариантах преобладали зеленые водоросли, большее число их видов отмечено в ризосфере люпина и фацелии. Зеленые водоросли: *Chlamydomonas gloeogama*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum infusionum*, *Tetracystis aggregata* встречаются в ризосфере всех культур. Из диатомовых водорослей в контроле и во всех вариантах присутствовала *Hantzschia amphioxys*, вид широко распространенный в пахотных дерново-подзолистых почвах. Желтозеленые водоросли (*Pleurochloris pyrenoidosa*, *Pleurochloris commutata*, *Eustigmatos magnus*, *Vischeria helvetica*) также были отмечены во всех вариантах.

В изученных вариантах ризосферный эффект не проявился. Возможно, это было связано с погодными условиями, в период отбора проб было очень сухо.

Таблица 2

**Водоросли и цианобактерии ризопланы культурных растений**

Название растения	Количество видов по систематическим группам				Всего видов
	Цианобактерия	Chlorophyta	XanthoPhyta + Eustigmatophyta	Bacillariophyta	
Контроль	2	11	4	2	19
<i>Vicia sativa</i> L.	1	1	2	0	4
<i>Lupinus angustifolius</i> L.	2	1	1	0	4
<i>Phacelia</i> Benth	1	2	1	0	4
<i>Fagopyrum sagittatum</i> Gilib.	3	2	1	0	6

В ризоплане растений видовое разнообразие водорослей было ниже, чем в ризосферной почве (табл. 2). Однако, по сравнению с контрольной и ризосферной почвой, более раннее развитие водорослей наблюдали в культурах с посевом ризопланы. В ризоплане всех растений были выявлены ЦБ, в ризосферной почве только у вики посевной.

Таблица 3

**Водоросли и цианобактерии ризопланы культурных растений**

Названия видов	Люпин	Вика	Фацелия	Гречиха
1	2	3	4	5
Cyanobacteria				
Anabaena sp.	+			
<i>Leptolyngbya angustissima</i>			+	+
<i>Nostoc linckia f. muscorum</i>				+
<i>Nostoc paludosum</i>	+	+		+
Chlorophyta				

1	2	3	4	5
<i>Chlorella vulgaris</i>			+	+
<i>Chlorococcum infusionum</i>	+	+	+	+
Xanthophyta				
<i>Pleurochloris commutata</i>	+	+	+	+
Eustigmatophyta				
<i>Vischeria helvetica</i>		+		
Всего видов	4	4	4	6

На ризосферу фототрофных микроорганизмов оказывают большое влияние свойства почвы и высшие растения. В ризосфере разных видов растений формируются различающиеся по видовому составу группировки водорослей.

Ризосфера однолетних культурных растений богаче видами ризопланы этих же растений. В ризоплане всех растений отмечены ЦБ, в ризосфере только у вики посевной. Сообщества водорослей и ЦБ сохраняются в ризосфере и ризоплане высших растений, это поддерживает гетерогенность видового состава почвенной среды.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги», номер государственной регистрации в ЕГИСУ № 1220401000325.*

#### Библиографический список

1. Экология микроорганизмов : учебник для студ. вузов / А. И. Нетрусов, Е. А. Бонч-Осмоловская, В. М. Горленко и др.; под ред. А. И. Нетрусова. М. : Издательский центр «Академия», 2004. 272с.
2. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М. : Наука, 1976. 144 с.
3. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. М. : Изд-во МГУ, 2005. 445с.
4. Работнов Т. А. О современном состоянии изучения аллелопатии // Бюл. МОИП. отд. биол. 1974. Т. 79, вып. 4, С. 71–85.
5. Штина Э. А. Водоросли дерново-подзолистых почв Кировской области // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 2. 1959. Вып. 12. С. 36–141.
6. Новичкова-Иванова Л. Н. Водоросли в ризосфере // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы. Л., 1968. С. 131–135.
7. Metting В. The systematics and ecology of soil algae // The Bot. review. 1981. Vol. 47. No. 2. P. 195–312.
8. Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М. : Наука, 1984. 148 с.
9. Кондакова Л. В. Специфика альгофлоры в ризосфере ячменя и сорных растений // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 2 С. 65–69. doi: 10.25750/1995-4301-2011-2-065-069

## ГРУППИРОВКИ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В РИЗОСФЕРЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Л. В. Кондакова<sup>1,2</sup>, С. Р. Веретенникова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный университет, *esolab2@gmail.com*

<sup>2</sup> Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук

Изучалось видовое разнообразие почвенных фототрофных микроорганизмов в ризосфере сосны обыкновенной. Более разнообразная альгофлора, по сравнению с контролем, выявлена в ризосферной почве. Отмечены представители зеленых, желтозеленых, эустигматофитовых водорослей.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, фототрофные микроорганизмы, ризосфера.

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) является одной из главных лесообразующих пород Кировской области. Сосновые леса являются интразональным типом растительности, произрастают на древнеаллювиальных песчаных отложениях речных террас и в районах залегания глубоких крупнозернистых флювиогляциальных песков, их насаждения составляют 22,3% территории лесных экосистем региона [1]. Древесная растительность является мощным почвообразующим фактором и оказывает существенное влияние на свойства почвы и ее живое население [2]. Прямое влияние древесного растения на почвенные фототрофные микроорганизмы проявляется в месте их непосредственного контакта – в ризосферной зоне. Сообщества водорослей и цианобактерий (ЦБ) сосновых лесов изучены недостаточно, мало работ по ризосфере древесных растений. Имеются краткие данные по определению количества почвенных водорослей в ризосфере сосны и ели 5–7-летнего возраста на супесчаной дерново-подзолистой почве соснового бора. Численность клеток в ризосфере сосны составляла от 92 до 153 тыс. клеток в 1 г почвы [3]. Изучение ризосферы древесных растений приведено в работе [4]. У исследованных древесных растений в ризосферной почве обнаружено более богатое видовое разнообразие микрофототрофов по сравнению с контрольной почвой. В ризосфере древесных растений число видов микрофототрофов в 1,5 раза, а количество клеток до 4,5 раз превышает их содержание в контрольной почве. Ризосферные зоны у разных видов древесных растений различаются между собой по количеству видов, численности и степени развития отдельных групп водорослей. Почвенные условия оказывают воздействие на численность водорослей, доминирование отдельных видов, на величину ризосферного эффекта [4–6].

Изучались перспективы инокуляции цианобактерий (ЦБ) в корневую систему сеянцев сосны и ели для их защиты от фузариозной инфекции. Показано, что введение цианобактерий в почву лесного питомника повышает

устойчивость сеянцев хвойных к фитопатогенным грибам, ускоряет прорастание семян [1].

Согласно опубликованным данным, сообщества почвенных водорослей и ЦБ в почвах хвойных лесов характеризуются невысоким видовым разнообразием и численностью клеток [5–7]. Наибольшим числом видов представлены зелёные водоросли. Факторами, лимитирующими развитие водорослей и ЦБ в хвойных лесах, являются: неблагоприятное действие опада, кислая реакция почвы, низкая интенсивность света, менее благоприятные условия увлажнения.

Водоросли, как часть почвенной микрофлоры, связаны сложными взаимодействиями с почвой и высшими растениями. Особенности развития почвенных микрофототрофов в лесных экосистемах являются дополнительной характеристикой почвы и всего биоценоза, дают возможность заметить начинающиеся негативные изменения в сообществе.

Цель: изучить видовое разнообразие почвенных водорослей в ризосфере сосны обыкновенной.

Объектом исследования являлась ризосферная почва сосны обыкновенной из Медведского бора (Котельничский район Кировской области) и соснового леса вблизи поселка Летка (Слободской район).

Пробы почвы для анализа на наличие водорослей и ЦБ отбирались с соблюдением требований к микробиологическим исследованиям из верхнего 0–15 см слоя почвы [3]. Для изучения ризосферы проводился отбор проб ризосферной почвы молодых (2–3-летних), 15–20-летних и 40–50-летних растений сосны. Для каждого варианта отбирали по 5 почвенных образцов, готовилась средняя проба. Контрольная почва отбиралась в удалении от древесных растений.

Видовой состав определяли постановкой чашечных культур со стеклами обрастания и постановкой водных культур на питательной среде. Колбы с водными культурами инкубировались при естественном освещении и дополнительном искусственном освещении. Культуры просматривались многократно за период развития с двухнедельного возраста до 6–8 месяцев после посева. Препараты для микроскопирования водных культур готовились из налетов водорослей на поверхности колбы, по урезу среды, на боковых стенках колбы со дна.

В контрольной почве Медведского бора выявлено 14 видов микрофототрофов, в том числе: Chlorophyta – 6; Xanthophyta – 4; Eystigmatophyta – 2; Bacillariophyta – 2. В почве ризосферы сосны – 30 видов, в том числе: Chlorophyta – 16, Xanthophyta – 7, Eystigmatophyta – 3, Bacillariophyta – 4 (табл. 1, 2).

На подзолистой почве сосна накапливает в ризосферной зоне преимущественно зеленые водоросли, в частности виды родов *Chlorococcum*, *Coccomyxa*, *Chlamydomonas* [3]. Воздействия высших растений на почвенные фототрофные микроорганизмы зависит и от возраста древостоя.

Таблица 1

**Видовое разнообразие водорослей в контрольной и ризосферной почве сосны обыкновенной (Медведский бор, 29.07.2022)**

Таксоны	Контроль Медведский бор	Возраст растений сосны		
		молодые (2–3 года)	средневозрастные (15–20 лет)	взрослые (40– 50 лет)
Cyanobacteria	0	0	0	0
Chlorophyta	6	9	9	7
Xanthophyta	4	2	3	1
Eystigmatophyta	2	3	1	1
Bacillariophyta	2	0	0	0
Всего	14	14	13	9

В контрольной и ризосферной почве сосны обыкновенной из Медведского бора не были выявлены ЦБ. По числу видов преобладали зеленые водоросли, меньше – желтозеленые и эустигматофитовые. Диатомовые водоросли были встречены только в контрольной почве. В ризосфере молодых и 15–20-летних растений сосны выявлена более разнообразная альгофлора. Ризосферная почва более тесно связана с корневыми волосками, в зоне всасывания корни выполняют проводящую функцию, возможно, поэтому видовое разнообразие микрофлоры в прикорневой почве взрослых деревьев меньше.

Таблица 2

**Альгофлора ризосферы сосны обыкновенной  
(Медведский бор, 29.07.2022)**

№	Названия видов	Контроль Медведский бор	Возраст растений сосны		
			молодые (2–3 года)	средне- возрастные (15–20 лет)	взрослые (40–50 лет)
1	2	3	4	5	6
	Chlorophyta				
1	<i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrova	+	+	+	
2	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> Korsch. in Pasch. var. <i>gloeogama</i>		+	+	+
3	<i>Chlamydomonas gelatinosa</i> Korsch. in Pascher		+	+	+
4	<i>Chlamydomonas oblongella</i> Lund		+	+	
5	<i>Chlamydomonas minutissima</i> Korsch. in Pascher			+	+
6	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. var. <i>vulgaris</i>	+	+		+
7	<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Menegh.	+	+	+	+
8	<i>Myrmecia bisecta</i> Reisingl				+
9	<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Mainx) Fott	+	+	+	+



1	2	3	4	5	6
10	<i>Stichococcus minor</i> Näg.		+	+	
11	<i>Cosmarium anceps</i> Lund.		+		
12	<i>Klebsormidium nitens</i> (Menegh. in Kütz.) Lokh.	+		+	
	Xanthophyta				
13	<i>Ellipsoidion oocystoides</i> Pasch.	+		+	
14	<i>Pleurochloris pyrenoidosa</i> Pasch.		+		
15	<i>Pleurochloris commutate</i> Pasch.	+	+	+	+
	<i>Pleurochloris anomala</i> James	+		+	
16	<i>Xanthonema exile</i> (Klebs) Silva	+			
	Eustigmatophyta				
18	<i>Eustigmatos magna</i> (B. Petersen) Hibberd	+	+	+	+
19	<i>Vischeria helvetica</i> (Vischer et Pasch.) Hibberd	+	+		
20	<i>Vischeria irregularis</i> Pasch		+		
	Bacillariophyta				
21	<i>Luticola mutica</i> (Kütz.) Mann in Round et al.	+			
22	<i>Navicula pelliculosa</i> (Breb.) Hilse	+			
	Всего	14	14	13	9

На участке соснового леса в Слободском районе у поселка Летка в пробах контрольной и ризосферной почвы также не были выявлены ЦБ (табл. 3). По видовому разнообразию преобладали зеленые водоросли (11 видов), число видов желтозеленых составляло 8 видов. Наибольшее число видов микротрофов было выявлено в ризосферной почве молодых сосенок (17 видов).

Таблица 3

**Видовое разнообразие водорослей в контрольной и ризосферной почве сосны обыкновенной (Летка, 4.08.2022)**

Таксоны	Контроль Летка	Возраст растений сосны		
		молодые (2–3 года)	средне- возрастные (15–20 лет)	взрослые (40–50 лет)
Суанобактерия	0	0	0	0
Chlorophyta	8	9	4	2
Xanthophyta	1	4	2	1
Eystigmatophyta	3	3	3	1
Bacillariophyta	3	1	2	3
Всего	15	17	11	7

Видовой состав альгофлоры контрольной и ризосферной почвы приведен в таблице 4.

Таблица 4

**Альгофлора ризосферы сосны обыкновенной (Летка, 4.08. 2022)**

№	Названия видов	Контроль Летка	Возраст растений сосны		
			молодые (2–3 года)	средне- возрастные (15–20 лет)	взрослые (40–50 лет)
	Chlorophyta				
1	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> Korsch. in Pasch. var. <i>gloeogama</i>	+	+		
2	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. var. <i>vulgaris</i>	+	+	+	+
3	<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Menegh.	+	+	+	+
4	<i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrova	+			
5	<i>Macrochloris dissecta</i> Korsch.		+		
6	<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Mainx) Fott	+	+		
7	<i>Scotiellopsis levicostata</i> (Hol- lerb.) Punccharova et Kalina		+	+	
8	<i>Stichococcus minor</i> Näg.	+			
9	<i>Klebsormidium flaccidum</i> (Kütz.) Silva et al.		+		
10	<i>Klebsormidium nitens</i> (Menegh. in Kütz.) Lokh.	+	+		
	<i>Chlorophyta</i> sp.	+	+	+	
	Xanthophyta				
11	<i>Bumilleriopsis brevis</i> (Gern.) Printz		+		
12	<i>Ellipsoidion oocystoides</i> Pasch.		+		
13	<i>Pleurochloris lobata</i> Pasch.		+		
14	<i>Pleurochloris commutate</i> Pasch.	+	+	+	+
15	<i>Pleurochloris anomala</i> James			+	
	Eustigmatophyta				
16	<i>Eustigmatos magna</i> (B. Petersen) Hibberd	+	+	+	
17	<i>Vischeria helvetica</i> (Vischer et Pasch.) Hibberd	+	+	+	+
18	<i>Vischeria irregularis</i> Pasch.	+	+	+	
	Bacillariophyta				
19	<i>Luticola mutica</i> (Kütz.) Mann in Round et al.	+		+	+
20	<i>Navicula pelliculosa</i> (Breb.) Hilse	+			+
21	<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.		+	+	
22	<i>Pinnularia</i> sp.	+			+
	Всего	15	17	11	7

Растения сосны обуславливают накопление почвенных водорослей в своей прикорневой зоне. В ризосферной почве сосны обнаружена более разнообразная альгофлора, чем в контрольной почве, возрастает разнообразие зеленых и желтозеленых водорослей. В ризосфере молодых и 15–20-летних растений сосны выявлена более разнообразная альгофлора.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги», номер государственной регистрации в ЕГИСУ № 1220401000325.*

#### **Библиографический список**

1. Леса Кировской области / под ред. А. И. Видякина, Т. Я. Ашихминой, С. Д. Новоселова. Киров : ОАО «Кировская областная типография», 2007. 400 с.
2. Еропкин К. И. Водоросли и другие микроорганизмы ризосферы сосны и ели в некоторых лесных фитоценозах Предуралья. // Развитие значение водорослей в почвах Нечерноземной зоны : материалы межвузовской конф. (Киров, 2–27 мая 1977 г.). Пермь, 1977. С. 126–127.
3. Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М. : Наука, 1984. 148 с.
4. Штина Э. А. Водоросли дерново-подзолистых почв Кировской области // Труды Бот. института имени В. Л. Комарова АН СССР. Сер. II. Споровые растения. 1959. Вып. 12. С. 6–141.
5. Новичкова-Иванова Л. Н. Водоросли в ризосфере // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы. Л. : Наука, 1968. С. 131–135.
6. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М. : Наука, 1976. 143 с.
7. Альгологический мониторинг почв в районе объекта «Марадыковский» / К. А. Безденежных, Л. В. Кондакова, Е. В. Дабах, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 81–88. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-2-081-088

### **ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ФОНЕ МИКРОБНОЙ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН**

***Т. К. Шешегова<sup>1</sup>, Л. М. Щеклеина<sup>1</sup>, П. А. Стариков<sup>2</sup>, Л. В. Волкова<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup> Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого, [immunitet@fanc-sv.ru](mailto:immunitet@fanc-sv.ru)*

*<sup>2</sup> Вятский государственный агротехнологический университет,  
[ya.starikov-pavel@yandex.ru](mailto:ya.starikov-pavel@yandex.ru)*

Изучали продуктивный потенциал растений яровой пшеницы после инокуляции семян микробами-антагонистами и фитопатогенами. Установлено положительное действие штаммов *Trichoderma* и *Fischerella muscicola* на продуктивность растений, в том числе на фоне *Fusarium*.

Ключевые слова: *Trichoderma*, *Fischerella*, *Fusarium*, яровая пшеница, инокуляция семян, структура урожая, урожайность.

Современное высокоэффективное сельскохозяйственное производство невозможно без применения удобрений и средств защиты растений. Однако высокая энергоемкость их производства и применения, негативное влияние на здоровье человека, экологию и биоразнообразие почвенных микроорганизмов обосновывает необходимость поиска альтернативных путей повышения плодородия почвы, урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. В последние годы внимание ученых привлечено к ассоциациям растений с агрономически полезными микроорганизмами не только для изучения фундаментальных основ их взаимодействия, но и возможного использования таких взаимодействий в практике экологически ориентированного адаптивного растениеводства [1–3]. Много исследований направлено на изучение почвенных фототрофных микроорганизмов, в первую очередь цианобактерий, в которых анализируется их эколого-физиологические свойства и агрономический потенциал [4].

Научное обоснование биологизированных элементов агротехнологий наиболее актуально для всех форм пшеницы как основной продовольственной культуры РФ. В случае положительного результата они могут быть экологически и экономически обоснованным способом повышения урожайности и качества зерна пшеницы, обеспечат переход от «химического» земледелия к конструированию агробиоценозов на биологической основе.

Целью наших исследований было изучение продукционного потенциала растений пшеницы после инокуляции семян и биотехнологически перспективными микроорганизмами, в т. ч. на фоне фитопатогенов.

В исследованиях использовали микроорганизмы: *Trichoderma* sp., штамм К-01П и *Fischerella muscicola* (Thur.) Gom, штамм 300, характеризующиеся высокими антифунгальными свойствами. Они изолированы из почв Кировской области и хранятся на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятского ГАТУ. В качестве фитопатогена использовали штамм Р-3/16 *Fusarium culmorum* из коллекции лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Объектом исследований являлся востребованный в производстве сорт яровой пшеницы Баженка селекции ФАНЦ Северо-Востока. Семена перед посевом инокулировали в суспензиях *Trichoderma* sp. (титр  $7,15 \pm 0,96 \cdot 10^7$  кон./мл), *F. muscicola* (титр  $1,15 \pm 0,18 \cdot 10^7$  кл./мл), *F. culmorum* (титр  $8,90 \pm 0,34 \cdot 10^5$  кон./мл) [4, 5].

Опыт закладывали на фитопатологическом участке лаборатории иммунитета и защиты растений. Повторность 4-х кратная, площадь делянок  $1 \text{ м}^2$ , норма высева 400 семян/ $\text{м}^2$ . Посев проведен 6 мая 2022 года вручную в соответствии со схемой опыта: 1 – контроль (без обработки), 2 – *Trichoderma* sp., 3 – *Fischerella muscicola*, 4 – *Fusarium culmorum*, 5 – *Trichoderma* + *Fischerella*, 6 – *Trichoderma* + *Fusarium*, 7 – *Fischerella* + *Fusarium*, 8 – *Trichoderma* + *Fischerella* + *Fusarium*, 9 – эталон (химический фунгицид Максим, КС).

В течение вегетации проводили мониторинг развития грибных болезней, фенологические наблюдения, анализ продуктивности, роста и развития растений и учет урожая в вариантах опыта [6].

Статистическая обработка проведена с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.) и программы Microsoft Office Excel.

Предварительные данные свидетельствуют об избирательном действии изучаемых микромицетов на онтогенез и продуктивность растений яровой пшеницы. Выявлено негативное влияние фузариозной инфекции на полевую всхожесть семян, которое выразилось в существенном (при  $P \geq 0,95$ ) снижении признака на 4,1–18,8% (рис.). Незначительное повышение всхожести по отношению к контролю (на 0,3–3,2%) и эталону (на 4,2–7,1%) отмечено при инокуляции семян *Trichoderma* sp. и *F. muscicola*. Однако на фоне *F. culmorum* происходило снижение признака до 57,8%, вероятно, из-за активизации антагонистических взаимодействий внутри трехкомпонентных микробных смесей. В полевых условиях фиторегуляторная активность микроорганизмов практически не проявилась, что может свидетельствовать о доминирующей роли генотипа в изменчивости этого признака. К концу вегетации все изменения высоты растений в вариантах опыта (90,3–95,6 см) были преимущественно недостоверны ( $НСР_{05} = 4,4$ ). Более высокие флуктуации отмечены для общей и продуктивной кустистости растений, которая во всех опытных вариантах была существенно выше контроля на 0,20–0,73 и 0,20–0,64 штук. Наличие повышенного фузариозного фона, вероятно, не оказывало негативного влияния на органогенез, и, наоборот, интродуцированные в почвенный микробный пул виды *Trichoderma* sp. и *F. muscicola* стимулировали этот процесс. Более того, это действие сохранялось и в вариантах с бинарными микробными взаимодействиями: *Trichoderma* + *F. culmorum*, *F. muscicola* + *F. culmorum*. Однако в течение вегетации фузариозная инфекция вызывала постепенную гибель отдельных ослабленных биотипов, о чем свидетельствует снижение (на 8,7% и 8,9%) сохранившихся к уборке растений. При этом цианобактерии в бинарных и тройных консорциумах нивелировали негативное действие *F. culmorum*, и состояние признака в этих вариантах было на уровне контроля и эталона.

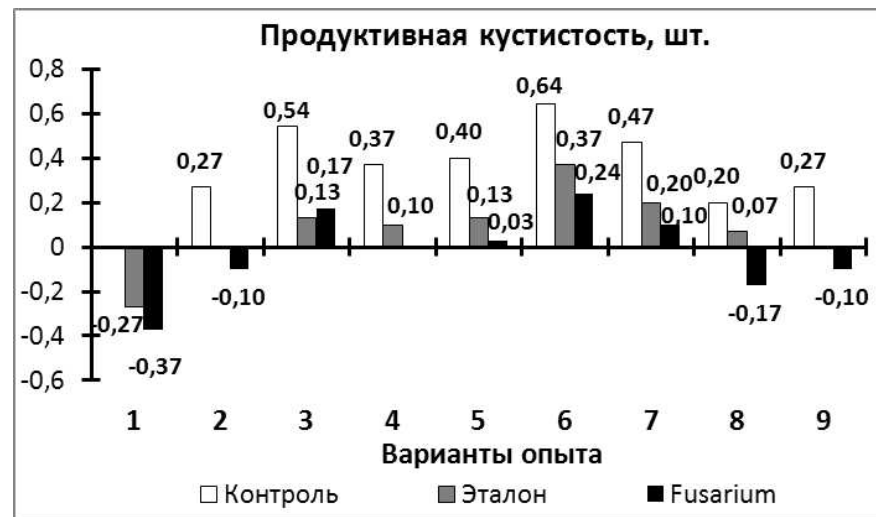
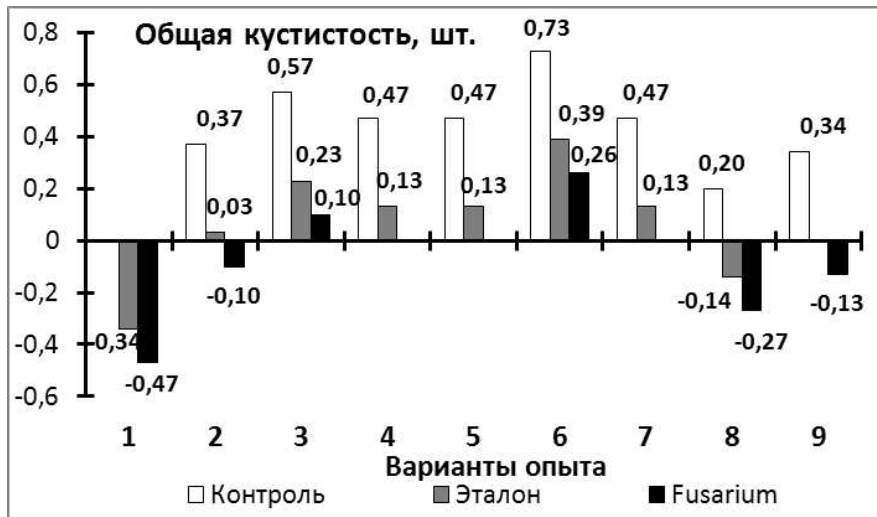
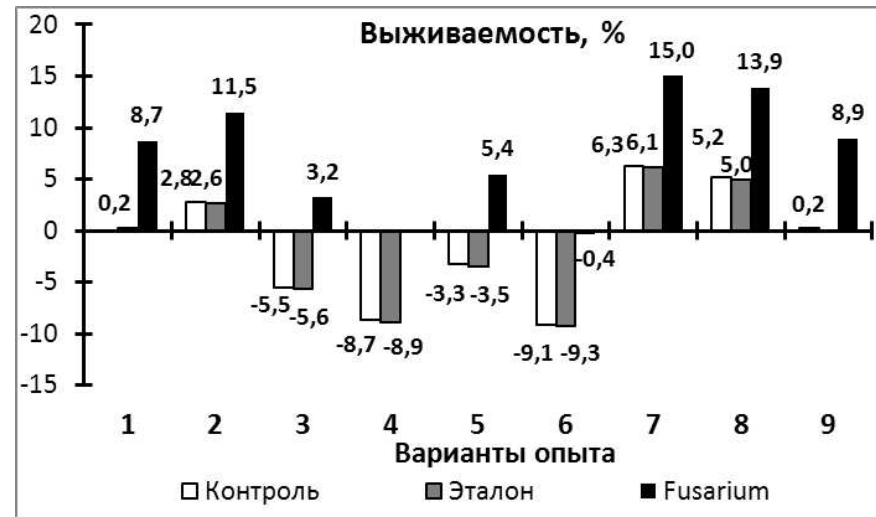
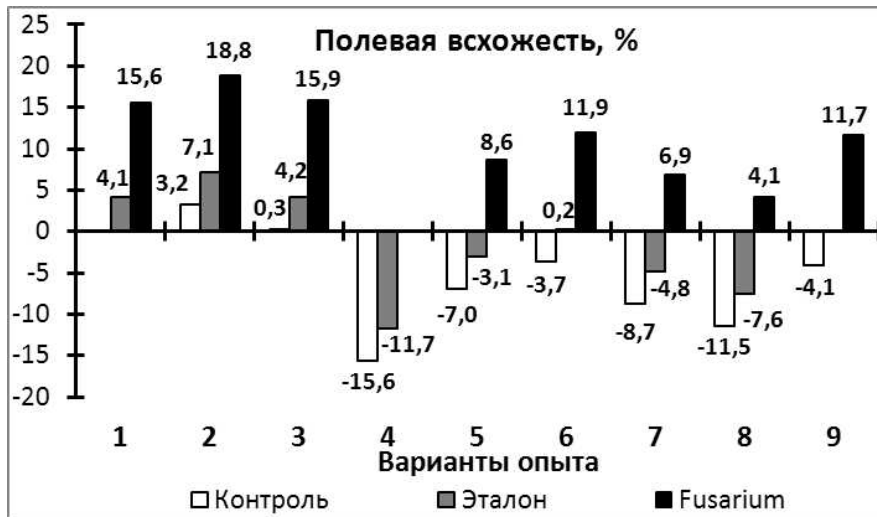


Рис. Отклонение показателей в опытных вариантах от контроля, эталона и *Fusarium*  
 $НCP_{05} = 5,3$  (полевая всхожесть);  $НCP_{05} = 6,7$  (выживаемость);  $НCP_{05} = 0,21$  (общая кустистость);  
 $НCP_{05} = 0,27$  (продуктивная кустистость)

Анализ элементов продуктивности выявил превышение их в большинстве опытных вариантов (табл.). Наибольшая продуктивность растений была при инокуляции семян *F. muscicola* и *Trichoderma* + *F. muscicola* и составила 2,76 г. и 2,69 г. При этом продукционный потенциал растений сохранялся и в присутствии фузариозной инфекции, поскольку плюс-минус изменения признака носили несущественный характер. Однако на крупность семян изучаемые микроорганизмы положительного влияния не оказали, а на фоне *F. culmorum* масса 1000 зерен достоверно снижалась ко всем индикаторным вариантам. Все изменения в элементах продуктивности растений отразились на уровне урожайности пшеницы, которая в большинстве вариантов опыта превышала контроль на 0,4–103,7 г/м<sup>2</sup>. При этом достоверные к контролю и *Fusarium* прибавки зерна получены в 4-х вариантах, к эталону – в одном. Наиболее высокая урожайность зерна (469,4 г/м<sup>2</sup> и 428,1 г/м<sup>2</sup>) получена при инокуляции семян цианобактерией *F. muscicola* и использовании бинарной смеси *Trichoderma* + *F. muscicola*. Уровень урожайности на 7,1–48,4 г/м<sup>2</sup> выше эталонного варианта, что предполагает большие перспективы данных штаммов в биотехнологической прикладной сфере. Следует отметить, что в этих же вариантах наблюдали существенное улучшение пяти элементов структуры урожая из девяти анализируемых. На фоне фузариозной инфекции продукционные возможности изучаемых штаммов микроорганизмов снижались. Однако эти изменения находятся в пределах ошибки опыта, а в варианте *Trichoderma* + *F. culmorum* уровень урожайности был выше контроля и эталона.

Установлено также существенное (при  $P \geq 0,05$ ) влияние на урожайность пшеницы таких элементов структуры, как «сохранность к уборке» ( $r = 0,73$ ), «продуктивность 1 растения» ( $r = 0,74$ ), «общая и продуктивная кустистость» ( $r = 0,59$  и  $0,54$ ), «полевая всхожесть» ( $r = 0,51$ ).

Предварительные данные свидетельствуют о преимущественно положительном действии штаммов *Trichoderma* и *F. muscicola* на элементы структуры и урожайность яровой пшеницы Баженка. Ранее [5] мы также отмечали высокие фунгицидные свойства (на уровне химического препарата) этих штаммов и полноценную защиту от корневых гнилей и некоторых пятнистостей листьев.

Таблица

## Показатели продуктивности пшеницы сорта Баженка в вариантах полевого опыта (среднее из 4-х повторений)

Ва- риант опыта	Продуктивность колоса				Продуктивность растения				Масса 1000 зерен				Масса зерна с 1 м <sup>2</sup>			
	грамм	+/- к			грамм	+/- к			грамм	+/- к			грамм	+/- к		
		кон- тролю	эта- лону	<i>Fusa- rium</i>		кон- тролю	эта- лону	<i>Fusa- rium</i>		кон- тролю	эта- лону	<i>Fusa- rium</i>		кон- тролю	эта- лону	<i>Fusa- rium</i>
1	1,40	–	- 0,20	- 0,10	1,69	–	- 0,35	- 0,31	46,0	–	- 1,3	+ 0,5	365,7	–	- 55,3	- 7,6
2	1,33	- 0,07	- 0,27	- 0,17	1,98	+ 0,31	- 0,06	- 0,02	44,5	- 1,5	- 2,8	- 1,0	408,1	+ 42,4	- 12,9	+ 37,8
3	1,53	+ 0,13	- 0,07	+ 0,03	2,76	+ 1,07	+ 0,72	+ 0,76	46,1	+ 0,1	- 1,2	+ 0,6	469,4	+ 103,7	+ 48,4	+ 96,1
4	1,50	+ 0,10	- 0,10	–	2,00	+ 0,31	- 0,04	–	45,5	- 0,5	- 1,8	–	373,3	+ 7,6	- 47,7	–
5	1,60	+ 0,20	0	+ 0,10	2,69	+ 1,00	+ 0,65	+ 0,69	46,8	+ 0,8	- 0,5	+ 1,3	428,1	+ 62,4	+ 7,1	+ 54,8
6	1,36	- 0,04	- 0,24	- 0,14	1,24	- 0,45	- 0,80	- 0,76	44,0	- 2,0	- 3,3	- 1,5	424,0	+ 58,3	+ 3,0	+ 50,7
7	1,37	- 0,03	- 0,23	- 0,13	1,83	+ 0,14	- 0,21	- 0,17	44,1	- 1,9	- 3,2	- 1,4	338,3	- 27,4	- 82,7	- 35,0
8	1,47	+ 0,07	- 0,13	- 0,03	1,79	+ 0,10	- 0,25	- 0,21	46,3	+ 0,3	- 1,0	+ 0,8	366,1	+ 0,4	- 54,9	- 7,2
9	1,60	+ 0,20	–	+ 0,10	2,04	+ 0,35	–	+ 0,04	47,3	+ 1,3	–	+ 1,8	421,0	+ 55,3	–	+ 47,7
НСР <sub>0,5</sub>	0,19				0,31				1,9				48,2			
P, %	4,5				4,8				1,3				4,1			

Примечание: 1 – контроль (без обработки), 2 – *Trichoderma* sp., 3 – *Fischerella muscicola*, 4 – *Fusarium culmorum*, 5 – *Trichoderma* + *Fischerella*, 6 – *Trichoderma* + *Fusarium*, 7 – *Fischerella* + *Fusarium*, 8 – *Trichoderma* + *Fischerella* + *Fusarium*, 9 – эталон (химический фунгицид Максим).



### Библиографический список

1. Perveen K., Bokhari N. A. Antagonistic activity of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* isolated from soil of date palm field against *Fusarium oxysporum* // *African Journal of Microbiology Research*. 2012. Vol. 6. No. 13. P. 3348–3353. doi: 10.5897/AJMR12.247
2. Микробные препараты на основе эндофитных и ризобактерий, которые перспективны для повышения продуктивности и эффективности использования минеральных удобрений у ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и овощных культур / В. К. Чеботарь, А. Н. Заплаткин, А. В. Щербаков, Н. В. Мальфанова, А. А. Старцева, Я. В. Костин // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51. № 3. С. 335–342. doi: 10.15389/agrobiology.-2016.3.335rus
3. Особенности состава микрофлоры под посадками *Lavatera trimestris* L. / А. В. Шабалина, А. Л. Ковина, Л. И. Домрачева, Ю. Н. Зыкова // *Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием*. Книга 2. Киров : ВятГУ, 2018. С. 23–27.
4. Микробы-антагонисты против фитопатогенных бактерий и грибов (обзор) / Л. И. Домрачева, С. Г. Скугорева, П. А. Стариков, Е. А. Горностаева, Т. Я. Ашихмина // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 2. С. 6–14. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-006-014
5. Влияние микробной инокуляции семян на развитие грибных болезней яровой пшеницы / П. А. Стариков, Т. К. Шешегова, Л. М. Щеклеина, Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова // *Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием*. Киров : ВятГУ, 2022. С. 189–194.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. Вып. 2. Ч. 2. 230 с.

### ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ КИШЕЧНОЙ ПАЛОЧКИ В ЖИДКОЙ ФРАКЦИИ НАВОЗНЫХ СТОКОВ

*Н. В. Сырчина<sup>1</sup>, Л. В. Пилип<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru*

<sup>2</sup> *Вятский государственный агротехнологический университет,  
pilip\_larisa@mail.ru*

В результате микробиологических исследований установлено, что колиформные бактерии, принимающие активное участие в аммонификации азотсодержащих органических соединений, проявляют высокую устойчивость к воздействию химических препаратов, используемых для обезвреживания и устранения запаха навоза сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: колиформные бактерии, кишечная палочка, навоз, препараты для устранения запаха, серная кислота, гипохлорит натрия.

Навоз сельскохозяйственных животных (НЖ) входит в число важнейших источников биологического загрязнения окружающей среды несвойственными незагрязненным территориям вирусами, бактериями, простейшими и гельминтами [1, 2]. Вместе с бактериальной микробиотой в окружаю-

щую среду переносятся гены устойчивости микроорганизмов к антибиотикам. Для снижения риска переноса в природные среды опасных микроорганизмов и гельминтов навоз и навозные стоки (НС) подвергают обезвреживанию. Чаще всего для обезвреживания НЖ и НС разделяют на жидкую (ЖФ) и твердую фракции (ТФ) с последующим выдерживанием ЖФ в лагунах, а ТФ на специально оборудованных площадках. К существенным недостаткам существующей технологии следует отнести длительность процесса обезвреживания (до 1 года), потребность в значительных территориях для размещения лагун и площадок для компостирования [3], потерю азота [4], эмиссию парниковых газов [5], запаховое загрязнение воздуха [6–8]. Значительно реже для снижения численности или полного устранения патогенных организмов применяют химические или термические способы обработки навоза. Соответствующие способы позволяют сократить время на обработку, однако требуют существенных затрат на химические реагенты и энергоносители [9, 10].

Различные микроорганизмы проявляют разную устойчивость к воздействию тех или иных приемов обезвреживания. Высокая устойчивость к неблагоприятным факторам характерна для бактерий группы кишечной палочки (колиформных бактерий) [11].

Кишечная палочка (*Escherichia coli*) входит в число микроорганизмов, населяющих нижние отделы кишечника человека и млекопитающих. Большинство штаммов *E. coli* не представляют угрозы для здоровья, однако некоторые представители этой группы (например, серотип O157:H7) могут вызывать тяжелые кишечные расстройства и другие заболевания [12]. *Escherichia coli* принимают активное участие в процессах аммонификации, сопровождающихся выделением в окружающую среду токсичных продуктов распада органических соединений. Разработка и внедрение экономичных приемов обработки НС, направленных на снижение количества колиформных бактерий в этом продукте животноводства, имеет большое практическое значение.

Цель настоящей работы состояла в оценке влияния химических методов обработки жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза на численность *E. coli*.

Образцы ЖФ отбирали в стерильные емкости на одном из крупных свиноводческих предприятий Кировской области. Отбор проб проводили сразу после сепарирования НС. Образцы доставляли в специализированные лаборатории для проведения физико-химических и микробиологических исследований. Влажность отобранных образцов составляла 99,1%, рН – 6,8. Образцы ЖФ объемом 2 л помещали в стерильные пятилитровые емкости, вносили добавки (нормы расхода представлены в таблице 1) и закрывали крышками с газоотводными трубками. В течение всего эксперимента (7 суток) емкости с ЖФ выдерживали в затемненном месте при температуре  $20 \pm 2$  °С. В качестве контрольного варианта использовали ЖФ без добавок.

Микробиологические исследования включали посев на дифференциально-диагностическую питательную среду Эндо с последующим изучением

колоний (микроскопия фиксированных препаратов, окрашенных методом Грама) и биохимической идентификацией (ЭНТЕРОтест 24, Чехия).

Исследования выполняли в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили стандартными методами с использованием встроенного пакета программ Microsoft Excel.

В таблице 1 приведены основные характеристики и нормы расхода реагентов и специализированных препаратов (далее – добавок), применяемых для обработки ЖФ.

Таблица 1

**Основные характеристики и нормы расхода химических реагентов и специализированных препаратов**

Наименование	Норма расхода	Механизм действия
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (10% раствор)	Подкисление до pH 5,3±0,2	Смещение pH в неблагоприятную для <i>E. coli</i> область
NaOCl (раствор, содержащий 5% активного хлора)	1 мл/л	Генерирование радикалов, нарушающих работу ферментативных систем микроорганизмов [13]
Специализированный препарат для устранения запаха «BIUS»	В соответствии с рекомендациями производителей – 5 л концентрата на 1000 м <sup>3</sup> НС	По информации производителей, препараты содержат микроэлементы, витамины, ферменты, активирующие микробиологические процессы*
Специализированный препарат для устранения запаха «БИОКТИК»		

*Примечание:* \* по результатам химического анализа, выполненного в рамках настоящей работы, препараты «BIUS» и «БИОКТИК» содержат в своем составе поверхностно-активные вещества (ПАВ) и ароматизаторы, не указанные производителями.

Согласно опубликованным данным, обработка ЖФ соответствующими добавками в рекомендуемой дозировке не представляет опасности для окружающей среды [14]. Более значительное подкисление ЖФ нежелательно, поскольку приведет к коррозии оборудования и снижению качества ЖФ как удобрения, а увеличение норм расхода NaOCl существенно увеличит расходы предприятий на приобретение реагента. Результаты эксперимента приведены в таблице 2.

В результате выполненных исследований установлено, что ни один из испытанных реагентов не привел к полному устранению *E. coli*. Наиболее значительное снижение количества кишечной палочки наблюдали при обработке ЖФ растворами серной кислоты и гипохлорита натрия. Определенный эффект наблюдался и при внесении в ЖФ препарата «БИОКТИК». Возможно это обусловлено высоким содержанием в соответствующем препарате ПАВ (в 10 раз выше, чем в «BIUS»). Известно, что катион- и анионноактивные ПАВ проявляют антибактериальную активность по отношению к различным группам микроорганизмов [15].

**Влияние добавок на численность *E. coli* в жидкой фракции  
навозных стоков**

Вариант	Добавка	Количество микроорганизмов ( <i>E. coli</i> ) КОЕ/мл
1	Контроль (без добавок)	$(4,0 \pm 0,9) \cdot 10^6$
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$(7,0 \pm 0,9) \cdot 10^{4*}$
3	NaOCl	$(7,0 \pm 1,1) \cdot 10^4$
4	Специализированный препарат для устранения запаха «BIUS»	$(8,0 \pm 0,7) \cdot 10^6$
5	Специализированный препарат для устранения запаха «БИОКТИК»	$(7 \pm 0,7) \cdot 10^5$

*Примечание:* \* жирным шрифтом выделены варианты с добавками, достоверно ( $P > 0,95$ ) отличающиеся от вариантов без добавок.

Кишечная палочка проявляет высокую устойчивость к действию химических препаратов, используемых для обезвреживания и устранения запаха навозных стоков. Внесение в ЖФ растворов H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (до pH 5,0–5,5) и NaOCl (до 0,005% по активному хлору) приводит к снижению количества *E. coli* на 2 порядка. Специализированные препараты для устранения запаха («BIUS» и «БИОКТИК») не оказывают существенного влияния количество кишечной палочки.

**Библиографический список**

1. Биологическое загрязнение пахотных земель отходами свиноводства / Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, Е. П. Колеватых, Т. Я. Ашихмина, А. В. Сазанов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 199–205. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-199-205
2. Бякова О. В., Пилип Л. В. Перекисное окисление липидов и естественная резистентность при гельминтозах лошадей : монография. Киров, 2018. 149 с.
3. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Экологическая проблема отрасли свиноводства // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. материалов XIV Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х книгах. Киров, 2019. С. 193–196.
4. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Химическая деградация земель под воздействием отходов животноводства // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 219–225. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-219-225
5. Вклад углекислого газа и воды в парниковый эффект / Н. В. Сырчина, Г. Я. Кантор, В. Н. Пугач, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 218–223. doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-218-223
6. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Контроль запахового загрязнения атмосферного воздуха (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 26–34. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-026-034
7. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Роль аммонификаторов в эмиссии аммиака из свиных навозных стоков // Известия КГТУ. 2023. № 68. С. 46–54.
8. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Влияние подкисления на эмиссию сероводорода в органических отходах свинокомплексов // Проблемы региональной экологии. 2021. № 4. С. 102–106.
9. Рациональная утилизация отработанной серной кислоты, образующейся при производстве хлора / Н. В. Сырчина, Л. В. Пилип, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Богатырёва // Теоре-

тическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 143–148. doi: 10.25750/1995-4301-2020-4-143-148

10. Влияние подкисления навозных стоков на их микробиологические характеристики / Л. В. Пилип, В. А. Козвонин, Н. В. Сырчина, Е. П. Колеватых, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 161–167. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-161-167

11. Терехов В. И., Сердюченко И. В. Бактерии рода *Escherichia* (Аналитический обзор) // Вестник ветеринарии. 2016. № 2(77). С. 35–42.

12. Kaper J. B., Nataro J. P., Mobley H. L. T. Pathogenic *Escherichia coli* // *Nature reviews microbiology*. 2004. Vol. 2. No. 2. P. 123–140.

13. Семенова И. В., Мишутова М. В. Бактерицидно-химические свойства хлорсодержащих дезинфектантов, применяемых при очистке сточных вод // Энергосбережение и водоподготовка. 2012. № 3. С. 42–46.

14. Трансформация микробиоты отходов животноводства под влиянием химических реагентов для устранения запаха / Е. П. Колеватых, Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 159–165. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-159-165

15. Antibacterial activity of surfactants against *Escherichia coli* cells is influenced by carbon source and anaerobiosis / S. Ishikawa, Y. Matsumura, K. Katoh-Kubo, T. Tsuchido // *Journal of Applied Microbiology*. 2002. Vol. 93. No. 2. P. 302–309.

## **ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ НЕКОТОРЫХ АГРОНОМИЧЕСКИ ПОЛЕЗНЫХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ РЖИ**

*Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев*

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,  
dajneko@gsu.by, sertimo@mail.ru*

В данной статье приводятся результаты изучения численности аммонифицирующих бактерий и бактерий, усваивающих минеральный азот – общее количество в зависимости от вариантов опыта и фаз развития озимой ржи. Установлено, что наибольшая численность бактерий наблюдалась в варианте с внесением биопрепарата «Гордебак» в фазе цветения озимой ржи.

Ключевые слова: численность, биопрепараты, «Полибакт», «Ресойлер», «Гордебак», агрономически полезные группы, бактерии.

Повышение биогенности почв за счет интродукции полезных микроорганизмов в результате использования микробиологических препаратов является актуальной проблемой. Следует учитывать, что направленные изменения в структуре микробного населения почвы могут быть инициированы изменением температуры, влажности, внесением удобрений, естественным притоком органических субстратов, прижизненных выделений корневых систем растений и другими факторами. Тем не менее, экспериментальные данные подтверждают выживание интродуцированных в почву популяций микроорганизмов. Конкретные условия среды определяют, будут ли привнесенные

микробы входят в пул доминирующих или переживающих популяций. Случаи полной гибели интродуцентов отмечались редко [1, 2].

Исследования выполняли в весенний период 2022 г. на землях агрокомбината «Южный» вблизи н. п. Костюковка Гомельского района Гомельской области. Объектом исследований являлась биологическая активность агрономически полезных групп при обработке микробными биопрепаратами «Полибакт», «Гордебак» и «Ресойлер» посевов озимой ржи.

Опыт был заложен на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на посевах озимой ржи в 2022 г.:

- 1) контроль – без обработки посевов озимой ржи микробными биопрепаратами «Полибакт», «Гордебак» и «Ресойлер»;
- 2) обработка посевов озимой ржи микробным биопрепаратом «Полибакт»;
- 3) обработка посевов озимой ржи микробным биопрепаратом «Гордебак»;
- 4) обработка посевов озимой ржи микробным биопрепаратом «Ресойлер».

Агрохимическая характеристика почвы следующая: рН в КС1 – 5,9; фосфор – 281 мг/кг; калий – 262 мг/кг. II опыта: рН в КС1 – 6,0; фосфор – 287 мг/кг; калий – 258 мг/кг.

Площадь опытных делянок составляла 5 м<sup>2</sup>, размещение рендомизировано: повторность опытов – 4-х кратная. Нормы расхода микробного биопрепарата «Полибакт» составляла 100 – 200 мл на 20 л воды на 100 м<sup>2</sup> почвы, биопрепарата «Гордебак» – 1,9 л препарата (91 л рабочей жидкости) на 1000 растений, микробного биопрепарата «Ресойлер» – 5 л/га.

Микробиологическую индикацию почвы выполняли согласно общепринятым в почвенной микробиологии методам [3, 4].

Анализ численности аммонифицирующих бактерий при обработке посевов озимой ржи микробными биопрепаратами выявил, что в фазе выхода в трубку более высокая численность отмечалась в варианте с обработкой биопрепаратом «Гордебак», это больше в 1,9 раза, чем в контроле и в 1,2 раза, чем в варианте «Ресойлер». Численность аммонифицирующих бактерий в варианте «Гордебак» и «Полибакт» между собой отличалась незначительно (рис. 1).

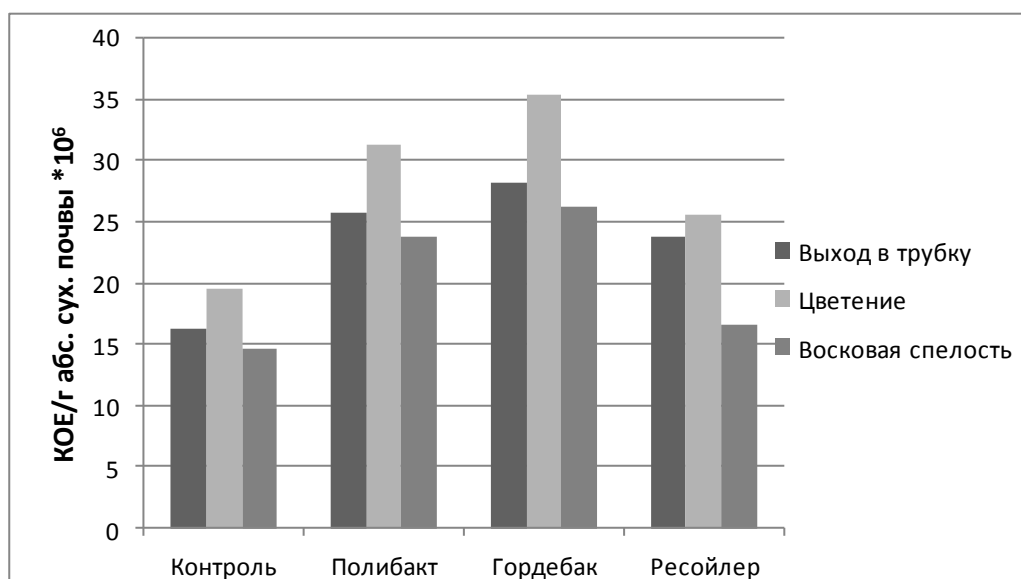


Рис. 1. Численность аммонифицирующих бактерий в зависимости от вариантов опыта и фаз развития озимой ржи

В фазе «цветение» численность в варианте «Гордебак» была наиболее высокой, по сравнению с другими вариантами. Так, численность в варианте «Гордебак» в 3,4 раза оказалась выше, чем в контроле и в 1,1 раза по сравнению с вариантом «Полибакт» и «Ресойлер» (рис. 1).

В фазе «восковая спелость» более высокая численность аммонифицирующих бактерий зафиксирована в варианте «Гордебак», что в 1,5 раза больше, чем в контроле, и в 1,1 раза, чем в варианте «Ресойлер» и «Полибакт» (рис. 1).

Таким образом, наибольшая численность аммонифицирующих бактерий, в зависимости от варианта опыта и фаз развития озимой ржи, наблюдалась в варианте «Гордебак», минимальная численность отмечена в варианте без внесения микробных биопрепаратов.

Анализ численности бактерий, усваивающих минеральный азот – общее количество, показал, что в фазе выхода в трубку более высокая численность отмечалась в варианте с использованием биопрепарата «Гордебак», что в 1,9 раза выше, чем в контроле, в 1,7 раза, чем в варианте «Ресойлер» и в 1,4 раза, чем в варианте «Полибакт». Численность в варианте «Полибакт» в 1,2 раза выше, чем в варианте «Ресойлер» (рис. 2).

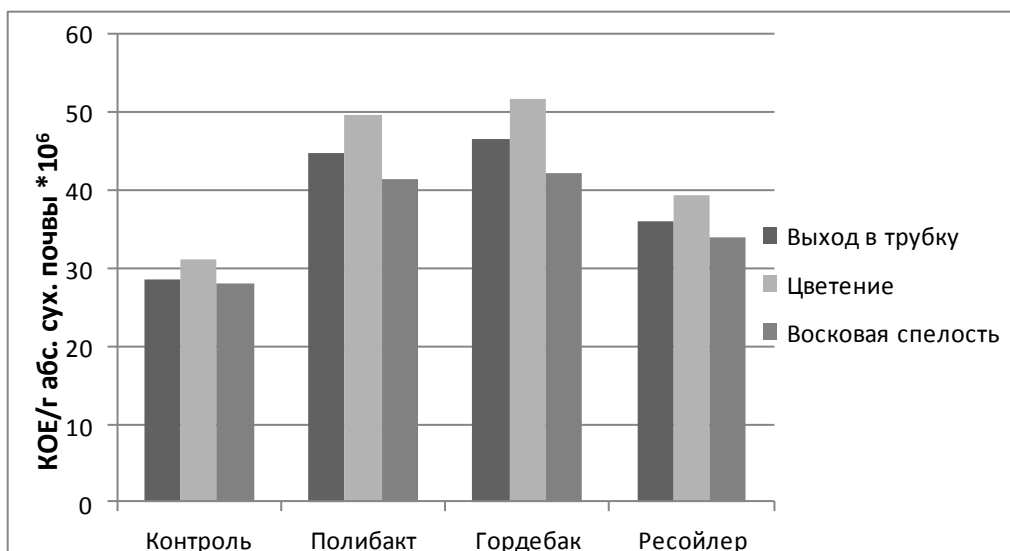


Рис. 2. Численность бактерий, усваивающих минеральный азот – общее количество, в зависимости от вариантов опыта и фаз развития озимой ржи

Рассматривая численность бактерий в фазе «цветение» можно видеть, что в варианте «Гордебак» численность оказалась в 1,8 раза выше, чем в контроле, в 1,6 раза больше, чем в варианте «Ресойлер» и в 1,4 раза, чем в варианте «Полибакт». Численность в варианте «Полибакт» в 1,2 раза выше, чем в варианте «Ресойлер» (рис. 2).

Изучая численность бактерий в фазе «восковая спелость», можно видеть, что более высокая численность отмечена в вариантах «Гордебак» и «Полибакт», которая превышала численность в контроле в 1,5–1,6 раза и в 1,1 раза в варианте «Гордебак». Разница в численности между вариантами «Полибакт» и «Гордебак» оказалась незначительной (рис. 2).

Итак, во всех вариантах опыта наибольшая численность наблюдалась в фазе «цветение». Несколько меньшая численность бактерий отмечена в фазе выхода в трубку. Наименьшая численность наблюдалась в фазе «восковая спелость».

Таким образом, изучение численности аммонифицирующих бактерий, бактерий, усваивающих минеральный азот – общее количество в зависимости от вариантов опыта и фаз развития озимой ржи показало, что наибольшая численность наблюдалась в варианте с внесением биопрепарата «Гордебак» в фазе «цветение» озимой ржи.

#### Библиографический список

1. Красов А. И., Матора Л. Ю. Выявление почвенных ассоциативных бактерий рода *Azospirillum in situ* с помощью иммуноферментного анализа // Стратегия взаимодействия микроорганизмов и растений с окружающей средой : материалы V Межрегиональной конф. молодых ученых. Саратов : Научная книга, 2010. 164 с.
2. Влияние экологических условий на численность агрономически полезных групп микроорганизмов при использовании микробных биопрепаратов / Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев, И. И. Концевая, А. В. Бондарева // Экология родного края: проблемы и



пути их решения : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. Киров : ВятГУ, 2022. С. 48–52.

3. Основные микробиологические и биохимические методы исследования почв / под ред. Ю. М. Возняковской. Л. : ВНИИСХМ, 1987. 47 с.

4. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1987. 239 с.

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ ПОСЛЕ ВЛИЯНИЯ ДЫМА ПРИ ПОЖАРАХ

*М. С. Нижельский, К. Ш. Казеев*  
*Южный федеральный университет,*  
*Академия биологии и биотехнологии имени Д. И. Ивановского,*  
*nizhelskiy@sfn.edu.ru*

В работе представлены результаты микробиологического мониторинга почв после влияния одного из видов пирогенного воздействия – дыма при возникновении пожаров. Установлена высокая чувствительность почвенных микроорганизмов (*Azotobacter chroococcum* и *Penicillium* sp.) и выявлена закономерность снижения численности микроорганизмов в зависимости от времени обработки их дымом.

Ключевые слова: микроорганизмы, мониторинг, чернозем обыкновенный, пирогенное воздействие, дым.

Пожары — это глобальное явление, которые затрагивают многие регионы мира. Они наносят катастрофический ущерб экосистемам. Почву можно считать динамическим слоем, и она является важнейшим компонентом для создания и поддержания жизнеобеспечивающей среды [1]. В последние несколько десятилетий обсуждается проблема влияния огня на почвы. Известно, что пожар в разной степени изменяет физические, химические и биологические свойства почвы [2]. Известно, что огонь влияет на подвижность и перенос элементов в почве. С самого начала исследований по этой теме особое внимание уделялось изучению воздействия огня на круговорот основных питательных веществ в почве. Так, например, было рассмотрено [3] влияние лесных пожаров на питательные вещества почвы в экосистеме Средиземноморья. Также было проведен общий обзор, чтобы охватить общее воздействие пожара на различные свойства почвы и связанную с этим мобилизацию и иммобилизацию питательных веществ в почве [4, 5]. Более подробно был изучен эффект от огня, дыма и высоких температур на биохимические показатели почв [6–8]. При этом в данных исследованиях отмечается, что произошло значительное снижение активности почвенных ферментов после пирогенного воздействия. Тем не менее, есть малоизученные аспекты. Один из таких – это чувствительность почвенных микроорганизмов к дыму от пожаров. В связи с чем, необходимо изучить данный вопрос более подробно.

Текущее исследование по влиянию дыма при моделировании пожаров в лабораторных условиях было выполнено при помощи оборудования по выделению дыма при сжигании материалов горения – дымогенератор Merkel Standart. В прибор насыпали опилки хвойных пород деревьев для розжига с последующим образованием дыма.

Численность микроорганизмов выполнено на основе метода посева на плотные питательные среды. Так, для определения изменений численности грибов *Penicillium* sp. была использована микробиологическая среда Чапек, а для бактерий *Azotobacter chroococcum* среда Эшби (метод комочков обрастания почвы) на чашках Петри. При этом почва была отобрана из поверхностного слоя 0–10 см ботанического сада ЮФУ – чернозем обыкновенный. Перед началом эксперимента все чашки Петри с микробиологическим посевом помещали в газовую камеру для обработки дымом. После опыта спустя 7 суток провели подсчет.

Полученные данные после подсчета количества колоний бактерий и грибов приведены на рисунке. Важным фактором изменения численности микроорганизмов является время задымления. Наибольший эффект у рассматриваемых бактерий и грибов замечен при максимальном времени воздействия стрессора (120 минут). Показатель с контрольного значения (100%) при подсчете *Azotobacter chroococcum* снизился на 62%, в то время как при 30-минутном воздействии на 9%.

Подобные результаты наблюдали и при подсчете численности колоний микроскопических грибов *Penicillium* sp. (на среде Чапек). После 30 минут численность колоний грибов снизилась на 25%, после 60 и 120 минут на 51% и 57% соответственно.

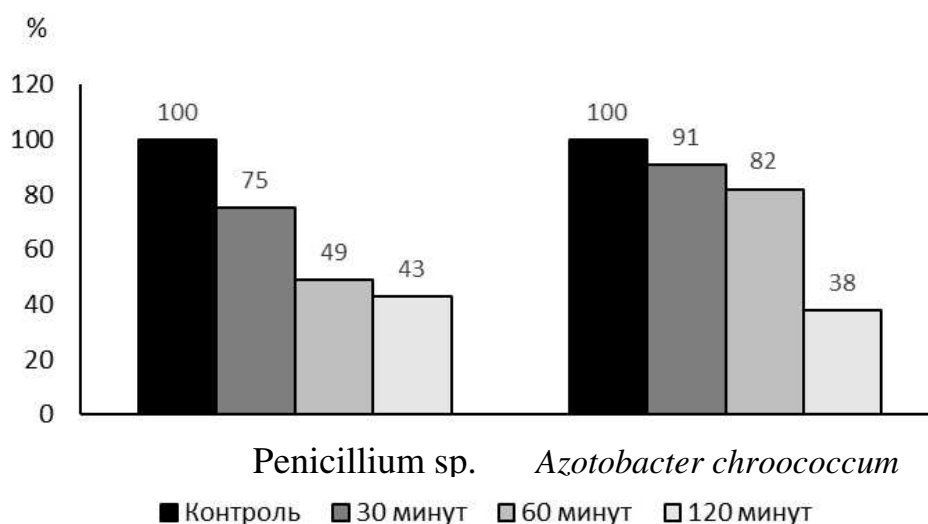


Рис. Снижение численности микроскопических грибов *Penicillium* sp. и азотофиксирующих бактерий *Azotobacter chroococcum* после влияния дыма

Результаты данного исследования свидетельствуют о существенном воздействии дыма при пожарах на почвенные микроорганизмы. Микробиологический мониторинг достаточно широко распространен при диагностике

нарушенных территорий [9–10], поскольку микроорганизмы чувствительные индикаторы, которые реагируют на самые различные изменения в почве.

*Исследования проведены при финансовой поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-449.2022.5) и программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета («Приоритет 2030», СП-12-22-9).*

#### **Библиографический список**

1. Santín C., Doerr S. H. Fire effects on soils: the human dimension // *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*. 2016. Vol. 371. P. 20150171. doi: 10.1098/rstb.2015.0171
2. Roshan A., Biswas A. Fire-induced geochemical changes in soil: Implication for the element cycling // *Science of The Total Environment*. 2023. Vol. 868. P. 161714. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.161714
3. Effects of wildfire on soil nutrients in Mediterranean ecosystems / L. Caon, V. R. Vallejo, C. J. Ritsema, V. Geissen // *Earth-Science Reviews*. 2014. Vol. 139. P. 47–58. doi: 10.1016/j.earscirev.2014.09.001
4. Certini G. Effects of fire on properties of forest soils: a review // *Oecologia*. 2005. Vol. 143. P. 1–10. doi: 10.1007/s00442-004-1788-8
5. Neary D. G., Ryan K. C., DeBano L. F. Wildland Fire in Ecosystems: Effects of Fire on Soils and Water (No. RMRS-GTR-42-V4) // U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ft. Collins, CO. 2005. doi: 10.2737/RMRS-GTR-42-V4
6. Consequences of the catastrophic wildfire in 2020 for the soil cover of the Utrish State Nature Reserve / K. Sh. Kazeev, V. V. Vilкова, M. S. Nizhelsky, S. I. Kolesnikov, T. M. Minkina, S. N. Sushkova, S. S. Mandzhieva, V. D. Radzhput, A. K. Shkhapatsev, Y. Rudenok, O. N. Bykhalova // *Sains Tanah*. 2022. Vol. 19. No. 1. P. 52–59. doi: 10.20961/stjssa.v19i1.58709
7. Ингибирование ферментативной активности чернозема обыкновенного газообразными продуктами горения растительных материалов / М. С. Нижельский, К. Ш. Казеев, В. В. Вилкова, С. И. Колесников // *Почвоведение*. 2022. № 6. С. 728–736. doi: 10.31857/S0032180X22060090
8. Оценка влияния разных факторов пирогенного воздействия на биологические свойства чернозема / К. Ш. Казеев, М. Ю. Одабашян, А. В. Трушков, С. И. Колесников // *Почвоведение*. 2020. № 11. С. 1372–1382. doi: 10.31857/S0032180X20110064
9. Симонова Е. В, Максимова Е. Н. Микробиологический мониторинг антропогенно преобразованных почв // *Самарский научный вестник*. 2016. №. 1 (14). С. 62–66. doi: 10.17816/snv20161113
10. Водянова М. А. Биотестирование и микробиологические методы в оценки загрязнений почв // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2006. № 8. С. 202–206.

## МЕТОДЫ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОБНЫХ КУЛЬТУР

*О. П. Цуркан, Т. Ф. Сырбу*

*Национальная коллекция непатогенных микроорганизмов,  
Технический университет Молдовы, olga.turcan@imb.utm.md*

Представлен краткий обзор методов сохранения микроорганизмов, используемых в национальных и международных коллекциях живых культур. Описаны важные факторы этапа подготовки отбираемых для консервирования микробных культур, влияющие на результат их хранения. Рассмотрены пути совершенствования методов длительного хранения микроорганизмов, которые могут быть полезны в практической работе.

Ключевые слова: микроорганизмы, консервация, лиофилизация, криоконсервация, криопротекторы.

Биотехнология, основанная на функциональных возможностях микроорганизмов, чрезвычайно важна для мировой экономики. Микроорганизмы (бактерии, в том числе актиномицеты, дрожжи, микромицеты, микроводоросли и цианобактерии) являются прекрасными поставщиками биологически активных веществ, успешно используемых в различных основных отраслях производства, включая сельское хозяйство, медицину и фармацевтику, биоремедиацию, пищевую промышленность, производство биотоплива и др. [1].

Коллекции культур лежат в основе усилий по сохранению биоразнообразия. Их основной целью является хранение точно идентифицированного безмикробного жизнеспособного материала (штаммы микроорганизмов) для исследований, предоставление культур и чистого генетического материала, необходимых для различных биотехнологических приложений, таких как обучение, исследования и другие цели, поскольку их основной задачей является сбор, сохранение и возможность производить общедоступные микробные штаммы. Таким образом, коллекции культур играют важную роль не только в развитии биотехнологических отраслей и образования, но, что более важно, в сохранении штаммов микроорганизмов, являющихся частью наследия страны [1, 2].

В настоящее время для консервации микроорганизмов применяют различные методы, но все современные методы консервации и длительного хранения культур микроорганизмов основаны на переводе клеток в анабиотическое состояние с частичным состоянием (хранение на средах с минимальным содержанием питательных веществ, в стерильных сосудах, под слоем минерального масла, в дистиллированной воде, при пониженных температурах и др.) или полного (высушивание, лиофилизация, криоконсервация и др.) прекращения обмена веществ. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки и может по-разному влиять не только на жизнеспособность, но и на сохранение характерных свойств и физиологических, биохимических и ге-

нетических признаков культуры [3–5]. Наиболее распространенными методами сохранения микроорганизмов в коллекциях являются:

1. *Поддержание культур путем периодического пересева их на жидкие и/или агаризованные среды* – традиционный способ хранения микроорганизмов, осуществляемый путем периодического культивирования на свежих питательных средах. Коллекции культур выращивают как в жидкой среде, так и на агар-агаре. Интервал между пересевами зависит от вида микроорганизма, используемой среды и внешних условий. Некоторые микроорганизмы необходимо постоянно пересевать, другие – через несколько недель или месяцев. При использовании этого метода необходимо учитывать следующие условия: 1) подходящая питательная среда; 2) условия выращивания (температура хранения, световой режим); 3) необходимый период выращивания и пересева. В целом поддержание различных штаммов микроорганизмов в коллекциях в жизнеспособном состоянии требует значительных затрат материальных средств, времени и требует высокой квалификации персонала. Например, любая коллекция, в том числе признанные коллекции типа SAG, UTEX, CCAP, сталкивается с явлениями непредсказуемой гибели культур; контаминацией штаммов грибами, бактериями, простейшими и др.; с проблемами ошибок маркировки при пересевах штаммов. Необходимость поддерживать генетическую стабильность видов, а также высокая стоимость и трудоемкость последовательного пересева привели к разработке методов долгосрочного сохранения, которые имеют разную эффективность [1, 4, 6].

Одним из современных методов консервирования микроорганизмов является *лиофилизация* – способ содержания клеток в сухом состоянии в течение длительного времени без доступа кислорода, влаги и света, при низких температурах, обычно при 4°C [7]. Лиофилизация не обеспечивает 100% сохранения жизнеспособности клеток микроорганизмов и не всегда обеспечивает высочайшее качество высушенного продукта. Установлено, что процесс лиофилизации приводит к отбору в культуре наиболее устойчивых клеток, которые могут не обладать нужными свойствами. На процесс лиофилизации могут влиять негативные факторы, воздействующие на клеточные структуры, а именно кристаллы льда механически повреждают мембрану и внутриклеточные структуры. Особую опасность они представляют при медленном замораживании, когда образуются более крупные кристаллы. Большое количество экспериментальных данных показывает, что процесс сублимационной сушки вызывает мутации многих видов микроорганизмов [2, 8]. Однако некоторые исследователи считают, что лиофилизация обеспечивает большую стабильность, чем периодический пересев, для широкого спектра микроорганизмов, а клетки, пережившие процесс лиофилизации, могут сохранять жизнеспособность в течение многих лет. Экспериментально установлено, что метод лиофилизации успешно применяется для сохранения микроорганизмов, размножающихся акинетами (спорами), таких как цианобактерии, микромицеты, актиномицеты, бактерии [9]. Важным моментом в процессе лиофилизации является использование веществ, защищающих клетки от негативного воз-

действия низких температур – криопротекторов. В качестве криопротекторов используют обезжиренное молоко, глюкозу, сахарозу, глицерин, ДМСО (диметилсульфоксид) и др. Например, в случае водорослей в качестве криопротекторов в большинстве случаев используют ДМСО (диметилсульфоксид) или глицерин в концентрациях 5 или 10% [3, 6].

*Криоконсервация* считается наиболее эффективным методом длительного сохранения организмов путем содержания микроорганизмов при низкой температуре. Способ заключается в переводе биологических объектов в состояние холодового анабиоза с последующим возвратом их к метаболической активности в физиологически оптимальных условиях культивирования. По температуре заморзания все методы криоконсервации можно разделить на два основных типа: а) методы, предусматривающие выдерживание клеток при температуре выше температуры жидкого азота; б) методы криоконсервации, предусматривающие хранение клеток при температуре жидкого азота. Наиболее благоприятный диапазон температур для холодильного хранения микробных культур составляет от  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$ , т. е. температуры значительно ниже эвтектической точки клеточных суспензий (для большинства суспензий микроорганизмов эвтектическая точка находится в интервале при  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , но для некоторых растворов ниже  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [5, 8]. Для успешного сохранения различных видов микроорганизмов методами низкотемпературного хранения и криоконсервации применяют предварительную сушку клеток на обезвоженных носителях, что способствует их безболезненному замораживанию в состоянии холодового анабиоза. Известно, что чем более обезвожен микроорганизм, тем лучше он переносит замораживание и повторные циклы замораживания – оттаивания. Для криоконсервации можно использовать суспензию клеток или спор микроорганизмов, либо 5% агаровые диски с культурой, как в растворе криопротектора, так и без него [10].

Другим методом, используемым в практике коллекции культур, является *иммобилизация клеток*, или захват в гелеобразующей матрице. Данный метод является еще одной альтернативой для длительного сохранения жизнеспособности и функциональности микробов. Хорошо известным методом является образование микрокапель или шариков с различными гелеобразующими агентами, такими как альгинат и гуммиарабик. Имобилизованные клетки микроорганизмов обычно лучше переносят стрессы, связанные с лабораторной консервацией. Мягкая иммобилизация может создавать специфическое микроокружение для отдельных клеток, в этом случае иммобилизационная матрица функционирует как капсула или гликокаликс – структура с реальным образом жизни и сохранением микроорганизмов в естественных условиях [6, 11]. Этому методу уделяется особое внимание в пробиотической промышленности из-за высокой выживаемости и функциональности иммобилизованных клеток по сравнению с другими методами. Несколько микроорганизмов, имеющих пробиотическое значение, таких как бифидобактерии и энтерококки, были сохранены с помощью этого метода с хорошим ответом [7, 12].

Таким образом, можно сказать, что многочисленные исследования показали, что не существует единого метода или протокола консервации и криопротектора, оптимально работающего для каждого типа образцов. Разные образцы и клетки ведут себя по-разному с разными криопротекторами и условиями хранения. Поэтому концепция сохранения микроорганизмов актуальна, и вызывает интерес ученых к разработке новых стратегий сохранения микробного биоразнообразия в течение длительного периода времени без изменения организации, жизнеспособности и функциональности микроорганизмов.

### Библиографический список

1. Day J. G., Brand J. J. Cryopreservation methods for maintaining cultures // In: *Algal Culturing Techniques*. Eds. R. A. Andersen. Academic Press : New York, 2005. P. 165–187.
2. Cryopreservation of economically valuable marine micro – algae in the classes Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Haptophyceae, Prasinophyceae, and Rhodophyceae / L. Rhodes, J. Smith, R. Tervit, R. Roberts, J. Adamson, S. Adams, M. Decker // *Cryobiology*. 2006. Vol. 52. Iss. 1. P. 152–156.
3. Beker M. E., Liepin'sh G. K., Kudryavtsev V. I. Liofilizatsiya bakterij [Lyophilization of bacteria]. In : *Metody hraneniya kolleksij kul'tur* [Methods for storing crop collections]. Moscow : Nauka, 1967. P. 119–130.
4. The Characteristics and Importance of Microalgae Culture Collections / D. Y. Duygu, A. U. Udoh, T. Özer, I. A. Erkaya // *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*. 2017. Vol. 13. No. 1. P. 80–87.
5. Sidiyakina T. M. Metody konservatsii mikroorganizmov [Microorganism Preservation Methods]. In : *Seriya «Konservatsiya geneticheskikh resursov»* [Series «Conservation of genetic resources»]. ONTI NTSBI AN SSS, Puschino, 1988. P. 58.
6. Conservation of microalgal type material : Approaches needed for 21st century science / J. G. Day, T. Proschold, T. Friedl, z M. Loren, P. S. Silva // *TAXON*. 2010. Vol. 59. No. 1. P. 3–6. doi: 10.2307/27757045
7. Kupletskaya M. B., Netrusov A. I. Viability of Lyophilized Microorganisms after 50Year Storage // *Microbiology*. 2011. Vol. 80. No. 6. P. 850–853. doi: 10.1134/S0026261711060129
8. Iturriaga R., Sullivan C. V. Long-term presarvation of microalgal cells and their optical properties // *Oceanography*. 2015. Vol. 3. No. 1. P. 2332–2632. doi: 10.4172/2332-2632.1000134
9. Lin L. P. Microstructure of spray-dried and freeze-dried microalgal powders // *Food microstructure*. 1985. Vol. 4. No. 2. P. 341–348.
10. Zdenek H. Protectants used in the cryopreservation of microorganisms // *Cryobiology*. 2003. Vol. 46. No. 3. P. 205–229. doi: 10.1016/S0011-2240(03)00046-4
11. Luz E. De-B., Bashan Y. Joint Immobilization of Plant Growth-Promoting Bacteria and GreenMicroalgae in Alginate Beads as an Experimental Model for Studying Plant-Bacterium Interactions // *Applied and environmental microbiology*. 2008. Vol. 74. No. 21. P. 6797–6802. doi: 10.1128/AEM.00518-08
12. Om. P., Nimonkar Y. S., Desai D. A Recent Overview of Microbes and Microbiome Preservation // *Indian Journal of Microbiology*. 2020. Vol. 60. No. 3. P. 297–309. doi: 10.1007/s12088-020-00880-9

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ АКТИНОБАКТЕРИЙ РЕДКИХ РОДОВ ВОДНОЙ ТОЛЩИ СИСТЕМЫ ОЗЕР «LA IZVOR» (г. КИШИНЕВ)**

*С. А. Бурцева, М. Н. Бырса, Т. Ф. Сырбу  
Институт микробиологии и биотехнологии  
Технического университета Молдовы, [taxim.birsa@imb.utm.md](mailto:taxim.birsa@imb.utm.md)*

У выделенных из водной толщи системы озер «La izvor» (г. Кишинев) штаммов актинобактерий 8-и редких родов определена способность задерживать рост фитопатогенных грибов – возбудителей болезней сельскохозяйственных растений, а также продуцировать такие ферменты, как амилаза, каталаза, липаза, целлюлаза. Новые штаммы из редких родов актинобактерий с высокой каталазной и средней липазной и каталазной активностью пополняют Национальную коллекцию непатогенных микроорганизмов как потенциальные продуценты соединений с антимикробной и энзиматической активностью.

Ключевые слова: актинобактерии редких родов, антифунгальная активность, энзиматическая активность.

Проблема сохранения биоразнообразия – одна из кардинальных в современном мире и закономерно вызывает глубокую озабоченность. Об этом свидетельствуют и всемирные конгрессы, проекты по созданию банков и коллекций, которые необходимы в качестве хранилищ как можно большего набора различных генетических ресурсов. Биологические ресурсы играли, играют и будут играть незаменимую роль в качестве источника продовольственных и других ресурсов, формирующих системы жизнеобеспечения. Большая часть биологического разнообразия сосредоточена в природных экосистемах, существование которых в значительной степени зависит от их внутреннего разнообразия [1]. Водные экосистемы в виде озер в различных регионах обеспечивают человеку незаменимые водные ресурсы. Микробиомы озерных экосистем являются подходящими биоресурсами для сельского хозяйства, промышленности и смежных секторов. Для изучения пресноводных бактерий было проведено, как показывают источники литературы, множество исследований в различных уголках Земли и все же нет полной картины того, как бактериальное сообщество связано с параметрами качества воды и условиями окружающей среды в пресных водах, где происходит прямой контакт человека с микроорганизмами.

Микроорганизмы входят в биогеоценозы как компоненты гетеротрофного блока, занимая в них уровень редуцентов или деструкторов органического вещества, в основном, растительного происхождения. Микробам принадлежит главная роль в разложении и минерализации органического вещества в почве и водных источниках, что представляет собой необходимый этап



почвообразования и биогенной очистки водоемов. Специфика ферментных систем микроорганизмов способствует широкому ареалу их распространения и освоения новых экологических ниш [2].

В последнее время возрос интерес к изучению структуры и состава микробных сообществ, которые являются одним из ключевых компонентов водных экосистем. Микроорганизмы, обладающие небольшими размерами, составляют существенную часть биомассы в водоемах. Высокая скорость размножения и широкие адаптационные способности дают возможность микроорганизмам приспосабливаться к различным условиям среды обитания [3]. В актиномицетных комплексах водных экосистем выявлены штаммы родов *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Actinomadura*, *Streptosporangium* и другие олигоспоровые представители редких родов. Численность актиномицетов в водных экосистемах на 1–3 порядка уступает численности мицелиальных прокариот в луговых экосистемах на высокой и низкой пойме рек [4–6].

В настоящее время продолжаются исследования по поиску новых биологически активных природных соединений. Наиболее важным источником новых антибиотических веществ считают актинобактерии, представляющие уникальную группу прокариотов-микроорганизмов, сочетающих молекулярные, химические и физиологические особенности прокариотов с морфологическими признаками эукариотических грибов. Культуры редких родов представляют интерес как неизученные источники новых природных соединений. Интенсивное изучение биологической активности видов некоторых редких родов актиномицетов показало, что они являются перспективными при выявлении новых соединений и заслуживают более широкого и глубокого изучения. Тем более, что исследования показали, что они являются продуцентами биологически активных веществ (антибиотиков, витаминов, ферментов и др.) и используются в фармакологической промышленности [7–10].

Целью проводимых исследований было определение способности выделенных из водной толщи системы озер «La izvor» («У источника») актинобактерий редких родов задерживать рост фитопатогенных бактерий и грибов, а также синтезировать такие ферменты, как амилаза, каталаза, липаза и целлюлаза.

Опыты показали, что, помимо часто встречаемых в почве и водоемах актинобактерий родов *Streptomyces* и *Micromonospora*, выделенные штаммы актинобактерий 6-и редких родов обладают способностью задерживать рост выбранных в качестве тест-культур 5 штаммов фитопатогенных грибов и 5 штаммов фитопатогенных бактерий в разной степени. Так, например, из 2-х штаммов рода *Actinomadura* – 1 штамм (А 1.2) показал способность задерживать рост 4-х из 5-и тест-грибов зонами 10,0–22,0 мм. Три штамма рода *Actinoplanes* также задерживали рост *Alternaria alternata* (13,0–21,0 мм). У других тест-грибов отмечали зоны размером 10,0–14,0 мм. Штамм рода *Frankia* не показал антифунгальную активность, как и 3 штамма рода *Geodermatophilus*. У 2-х штаммов рода *Nocardia* антифунгальная активность также не была высокой – зоны составляли 10,0–18,0 мм. Из 2-х штаммов рода

*Rhodococcus* только у штамма А 7.1 была отмечена способность задерживать рост *Aspergillus niger* диаметром 10,0 мм (табл. 1).

Таблица 1

**Антифунгальная активность штаммов актинобактерий редких родов, выделенных из водной толщи озерной системы «La izvor» (диаметр зон задержки роста тест-культур, мм)**

Род актинобактерий	№ штамма	<i>A. alternaria</i>	<i>A. niger</i>	<i>B. cinerea</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>
<i>Actinomadura</i>	А 1.1	0	0	0	0	0
	А 1.2	22,0	10,0	10,0	10,0	0
<i>Actinoplanes</i>	А 2.1	21,0	12,0	0	14,0	0
	А 2.2	13,0	9,0	0	14,0	0
	А 2.3	18,0	10,0	0	10,0	10,0
<i>Frankia</i>	А 3.1	0	0	0	0	0
<i>Geodermatophilus</i>	А 4.1	0	0	0	0	0
	А 4.2	0	0	0	0	0
	А 4.3	0	0	0	0	0
<i>Nocardia</i>	А 6.1	16,0	10,0	0	10,0	0
	А 6.2	18,0	10,0	0	0	12,0
<i>Rhodococcus</i>	А 7.1	0	10,0	0	0	0
	А 7.2	0	0	0	0	0

Анализ полученных данных определения антибактериальной активности показал следующее: ни один из представителей 6 редких родов актинобактерий, выделенных из толщи воды, не обладал способностью синтезировать вещества, задерживающие рост выбранных в качестве тест-культур 5 штаммов фитопатогенных бактерий (*Agrobacterium tumefaciens* 8628, *Bacillus subtilis* В-117, *Clavibacter michiganensis* 13<sup>а</sup>, *Erwinia carotovora* 8982, *Xanthomonas campestris* 8003<sup>в</sup>), в то время как штаммы – представители родов *Micromonospora* и *Streptomyces*, выделенные одновременно из водной толщи озер, вызывали образование зон задержки роста фитопатогенных бактерий зонами 9,0–16,0 мм.

Проведение следующей серии опытов выявило, что изучаемые штаммы актинобактерий синтезируют такие ферменты, как амилаза, каталаза, липаза и целлюлаза, но с разной степенью активности (табл. 2). Так, например, 1 штамм рода *Actinomadura* (А 1.2) показал невысокую активность этих 4-х ферментов. Из 3-х штаммов рода *Actinoplanes* 1 штамм (А 2.1) обладал средней активностью по каталазе и липазе и невысокой амилазной активностью. У 2-х других штаммов этого рода была выявлена невысокая амилазная активность и средняя каталазная активность у штамма А 2.3. Штамм рода *Frankia* показал невысокую амилазную и каталазную активность. Из 3-х штаммов рода *Geodermatophilus* 2 штамма (А 4.2 и А 4.3) показали среднюю каталазную активность, а штамм А 4.1 – невысокую амилазную и каталазную активность.

Один штамм из 2-х рода *Nocardia* (А 6.2) характеризуется невысокой амилазной и каталазной и средней липазной активностью.

**Энзиматическая активность штаммов актинобактерий редких родов,  
выделенных из водной толщи озерной системы «La izvor»**

Род актинобактерий	№ штамма	Амилаза	Каталаза	Целлюлаза	Липаза
<i>Actinomadura</i>	A 1.1	–	–	–	–
	A 1.2	+	+	+	+
<i>Actinoplanes</i>	A 2.1	+	++	–	++
	A 2.2	+	+	–	–
	A 2.3	+	++	–	–
<i>Frankia</i>	A 3.1	+	+	–	–
<i>Geodermatophilus</i>	A 4.1	+	+	–	–
	A 4.2	–	++	–	–
	A 4.3	–	++	–	–
<i>Nocardia</i>	A 6.1	+	+	+	–
	A 6.2	+	+	–	++
<i>Rhodococcus</i>	A 7.1	–	+++	–	–
	A 7.2	–	–	–	–

Штамм рода *Rhodococcus* (A 7.1) отличался от всех изучаемых штаммов высокой каталазной активностью, тогда как представители рода *Micromonospora* и *Streptomyces* оказались способными синтезировать эти ферменты, в основном, невысокой и средней активности, а по данным литературы, например, для актинобактерий озера Байкал характерна высокая потенциальная ферментативная активность. Более 70,0% стрептомицетов проявляют фосфатазную, протеазную и липазную активность, а около 60,0% микромоноспор – фосфатазную, липазную, амилазную и целлюлазную активности. По мнению автора, актинобактерии, относящиеся к стрептомицетам и микромоноспорам, участвуют в деградации целлюлатов и фталатов, т. е. являются показателями поступления в озеро Байкал трудно разлагающихся веществ природного и антропогенного происхождения [11].

Определенный интерес представляет факт, что, например, из изучаемых новых актинобактерий редких родов был выявлен штамм, характеризующийся наличием энзиматической активности по 4-м ферментам (штамм рода *Actinomadura* – A 1.2), штаммы рода *Actinoplanes*, *Nocardia* (A 2.1 и A 6.2) – по 3-м ферментам и штаммы рода *Actinoplanes*, *Frankia*, *Geodermatophilus* (A 2.2, A 2.3, A 3.1, A 4.1) – по 2-м ферментам (табл. 2). При этом, например, штамм рода *Rhodococcus* характеризовался наличием высокой активности по каталазе. То есть проведенные исследования показали, что новые, выделенные из водной толщи озерной системы «Ла Извор» актинобактерии редких родов обладают способностью задерживать рост фитопатогенных грибов, широко встречаемых в Республике Молдова, а также продуцируют такие ферменты, как амилаза, каталаза, липаза и целлюлаза с разным уровнем активности. Выявлены: 1 штамм с высокой каталазной активностью (штамм рода *Rhodococcus*), со средней каталазной активностью (4 штамма) и средней липазной активностью (2 штамма – рода *Actinoplanes* и *Nocardia*). Эти штаммы актинобактерий пополняют Национальную коллекцию непатогенных мик-

роорганизмов и будут использованы в дальнейших исследованиях, как новые штаммы – продуценты веществ с антимикробной и энзиматической активностью.

*Исследования финансировались в рамках проекта 20.80009.7007.09 (ANCD).*

#### **Библиографический список**

1. Куликов Я. К. Агроэкология. Минск : «Вышэйшая школа», 2012. 319 с.
2. Михайлова Р. В. Мацерирующие ферменты мицелиальных грибов в биотехнологии. Минск : «Белорусская наука», 2007. 408 с.
3. Характеристика биоразнообразия микробного сообщества водной толщи озера Байкал / Н. Л. Белькова, В. В. Парфенова, Т. Я. Косторнова, Л. Я. Денисова, Е. Ф. Зайчиков // Микробиология. 2003. Т. 72. № 2. С. 239–249.
4. Экологический статус актиномицетов рода *Actinomadura* / Г. М. Зенова, О. С. Захарова, Н. В. Михайлова, Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. 2001. № 4. С. 455–460.
5. Актиномицетные комплексы пойменных ландшафтов реки Протвы / Г. М. Зенова, О. С. Захарова, Н. В. Шульга-Михайлова, Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. 2002. № 11. С. 1346–1354.
6. Зенова Г. М., Звягинцев Д. Г. Разнообразие актиномицетов в наземных экосистемах. М. : МГУ, 2002. 130 с.
7. El-Shatoury S., Mitchell Y., Dewedar A. Biodiversity among actinomycetes isolated from two gravel bed hydroponic (GBH) systems beds for domestic and industrial waste water treatment // The 10th International Symposium on Biology of Actinomycetes. 1999.
8. Liu D., Li X. [Studies on actinomycetes population from salt lake of Yuncheng in Shanxi] // Wei Sheng Wu Xue Bao. 1998. Vol. 38. No. 2. P. 137–141. Chinese.
9. Peng Y., Demain A. A new hydroxylase system in *Actinomadura* sp. cells converting compactin to pravastatin // Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. 1998. Vol. 20. P. 373–375. doi: 10.1038/sj.jim.2900539
10. Peng Y., Yashphe J., Demain A. L. Biotransformation of compactin to pravastatin by *Actinomadura* sp. 2966 // The Journal of Antibiotics (Tokyo). 1997. Vol. 50. No. 12. P. 1032–1035. doi: 10.7164/antibiotics.50.1032.
11. Теркина И. А. Актиномицеты рода *Streptomyces* и рода *Micromonospora* в микробном сообществе озера Байкал : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. Иркутск, 2004. 18 с.

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭНЗИМАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ОЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ «ЛА ИЗВОР» (г. КИШИНЕВ)**

*Н. Ю. Богдан-Голубь, Л. М. Балан, В. А. Сланина, М. Н. Бырса  
Институт микробиологии и биотехнологии,  
Технического университета Молдовы, nina.bogdan@imb.utm.md*

Из озерной системы «Ла Извор» (водной толщи, биопленки и придонных отложений) были выделены бактерии 9-и родов, у которых определена способность синтезировать такие ферменты, как амилаза, каталаза, липаза и целлюлаза. Выявлены штаммы бактерий отличающиеся высокой и средней

энзиматической активностью. Эти штаммы пополняют Национальную коллекцию непатогенных микроорганизмов.

Ключевые слова: бактерий, энзиматическая активность, амилаза, каталаза, липаза, целлюлаза.

Микрофлора воды отражает микробный состав почвы, ведь микроорганизмы естественным образом попадают в воду с ее частицами. В воде формируются специфические биоценозы, где преобладают микроорганизмы, приспособившиеся к условиям расположения, освещенности, степени растворимости кислорода и углекислого газа, содержанию органических и минеральных веществ [1].

Загрязнение воды органическими веществами сопровождается увеличением анаэробных и аэробных бактерий, а также грибов. Микрофлора воды играет роль активного фактора в процессе ее самоочищения от органических отходов [2]. Это происходит благодаря разнообразной и сложной ферментной системе бактерий, которая позволяет им метаболизировать большое разнообразие органических и неорганических компонентов. Активность ферментов обеспечивает потребности, обусловленные многообразием метаболических и жизненных процессов. Установлено, что для осуществления пластического и энергетического обмена каждая бактерия нуждается в большом разнообразии ферментов, что дает бактериям возможность адаптироваться в самых разнообразных природных средах [3].

Знание ферментов во взаимосвязи с бактериальным метаболизмом позволяет понять некоторые фундаментальные аспекты биологии бактерий, некоторые из которых применяются в винодельческой промышленности, хлебопекарной, молочной промышленности, спирто-уксусном производстве, медицине, диагностике заболеваний, изготовлении антибиотиков и многих других аспектах [4].

Классификация ферментов позволяет систематизировать как катаболические процессы, так и взаимоотношения с бактериальной клеткой и скорость их действия (экзоферменты и эндоферменты: конститутивные ферменты, индуцибельные ферменты) [5–7].

Целью проводимых исследований было определение энзиматической активности бактерий, выделенных из озерной системы «Ла Извор» (г. Кишинев).

В таблице 1 представлены результаты определения активности бактерий 5 родов, выделенных из водной толщи озерной системы «Ла Извор». По данным таблицы видно, что у 18 штаммов рода *Bacillus* энзиматическая активность проявлялась по 3-м ферментам – амилазе, каталазе и целлюлазе, за исключением некоторых штаммов, у которых была замечена энзиматическая активность к липазе. Из 18 штаммов высокой активностью характеризовались 14 штаммов по амилазе, 15 штаммов по каталазе, 12 штаммов по целлюлазе.

Высокая активность по липазе была выявлена только у 2-х штаммов - № 2 и № 6. У остальных штаммов рода *Bacillus* отмечали среднюю энзиматическую активность – у штамма № 14 по амилазе, у 2-х штаммов (№ 14, 21) по каталазе и у штамма № 24 по целлюлазе.

Таблица 1

**Энзиматическая активность штаммов бактерий, выделенных из водной толщи озерной системы «Ла Извор»**

Род бактерий	№ штамма	Амилаза	Каталаза	Целлюлаза	Липаза
<i>Bacillus</i>	1	++	–	++	–
	2	–	++	++	++
	6	–	++	–	++
	8	++	++	++	–
	9	–	++	++	–
	10	++	++	–	–
	11	++	++	++	–
	12	++	++	++	–
	13	++	++	–	–
	14	+	+	++	–
	15	++	++	++	–
	16	++	++	++	–
	20	++	++	++	–
	21	++	+	++	–
	22	++	++	++	–
	23	++	++	–	–
24	++	++	+	–	
25	++	++	–	–	
<i>Kocuria</i>	18	+	+	++	–
<i>Lysinibacillus</i>	3	–	++	–	–
	4	–	–	–	–
<i>Peribacillus</i>	5	++	–	–	–
	19	+	+	–	–
<i>Planococcus</i>	7	++	++	++	–
	17	–	–	++	–

Штамм № 18 рода *Kocuria* характеризовала высокая активность по целлюлазе, средняя – по амилазе, каталазе и отсутствие таковой по липазе.

Из 2-х штаммов бактерий рода *Lysinibacillus* только у штамма № 3 была выявлена высокая активность по каталазе.

У 2-х штаммов рода *Peribacillus* отмечали высокую и среднюю активность по амилазе и каталазе.

Для штамма № 7 рода *Planococcus* свойственна высокая активность по амилазе, каталазе и целлюлазе, а для штамма № 17 этого же рода – активность только по целлюлазе.

То есть, из 18 штаммов рода *Bacillus* определенный интерес представляют штаммы № 2, 8, 11, 12, 15, 16, 17 и 22, характеризующиеся высокой активностью по 3-м ферментам.

В таблицу 2 внесены результаты определения энзиматической активности бактерий 5 родов, выделенных из придонных отложений озерной системы «Ла Извор». Видно, что род *Bacillus* представлен большим количеством штаммов, чем другие 4 рода – 14 штаммами, из которых по 4-м ферментам активны штаммы № 32, 42 и 45. По 3-м ферментам замечены штаммы № 26 и 38, причем штаммы № 28, 31, 40 со средней активностью по амилазе и с высокой активностью по целлюлазе (№ 31), каталазе и липазе (№ 40).

Таблица 2

**Энзиматическая активность штаммов бактерий, выделенных из ила озерной системы «Ла Извор»**

Род бактерий	№ штамма	Амилаза	Каталаза	Целлюлаза	Липаза
<i>Arthrobacter</i>	35	+	+	–	++
<i>Bacillus</i>	26	++	++	–	++
	27	++	++	–	–
	28	+	+	+	–
	30	–	+	+	–
	31	+	+	++	–
	32	++	++	++	++
	33	++	–	–	–
	34	+	++	–	++
	36	++	–	–	–
	38	–	++	++	++
	39	–	+	–	–
	40	+	++	–	++
	41	–	+	–	–
	42	++	+	++	++
45	++	++	++	++	
<i>Bhargavaea</i>	44	++	++	++	+
<i>Paenibacillus</i>	37	+	+	–	–
	43	++	+	++	+
	46	+	++	–	++
	47	–	++	–	–
<i>Peribacillus</i>	29	–	++	–	++

Четыре штамма рода *Paenibacillus* проявили себя следующим образом: у штамма № 43 была замечена высокая активность по амилазе и целлюлазе, а штамм № 46 характеризовался высокой активностью по каталазе и липазе.

Штамм № 35 рода *Arthrobacter* обладал средней амилазной и каталазной активностью и высокой липазной.

Штамм № 44 рода *Bhargavaea* показал высокую активность по 4-м ферментам, тогда как штамм № 29 рода *Peribacillus* проявил высокую активность по каталазе и липазе.

Таким образом, определенный интерес представляют следующие штаммы: выделенные из ила № 32, 42, 45 принадлежащие роду *Bacillus* с активностью по 4-м ферментам, штамм № 26 – по 3-м ферментам (амилазе, каталазе и липазе), штамм № 38 по 3-м ферментам (каталазе, целлюлазе и липазе), а также штамм рода *Bhargavaea* № 44 и штамм № 43 рода *Paenibacillus*,

показавшие активность по 4-м ферментам (амилазе, каталазе, липазе и целлюлазе).

В таблицу 3 внесены результаты определения энзиматической активности бактерий 3-х родов, выделенных из биоплёнки озерной системы «Ла Извор», среди которых также преобладали бактерии рода *Bacillus* (14 штаммов). Обращает внимание факт, что из всех 14 штаммов высокая активность замечена у 8-ми штаммов по каталазе, у 5 штаммов по амилазе, у 5 штаммов по целлюлазе и у 7-ми штаммов по липазе.

Таблица 3

**Энзиматическая активность штаммов бактерий, выделенных из биоплёнки озерной системы «Ла Извор»**

Род бактерий	№ штамма	Амилаза	Каталаза	Целлюлаза	Липаза
<i>Bacillus</i>	48	++	+	–	–
	49	–	++	++	++
	50	++	+	++	–
	51	++	+	++	++
	52	+	++	–	++
	53	+	++	–	–
	54	++	++	++	–
	55	+	++	–	–
	56	–	++	–	++
	58	–	+	–	–
	59	–	+	–	++
	60	+	++	–	++
	63	–	+	–	–
	65	++	++	++	++
<i>Kocuria</i>	64	–	++	–	–
<i>Micrococcus</i>	57	++	++	–	++
	61	+	++	–	++
	62	–	++	–	–

У штаммов № 51 и 65 отмечена высокая активность по 4-м ферментам (амилазе, каталазе, липазе и целлюлазе).

Штамм № 64 рода *Kocuria* отличался от других штаммов только высокой активностью по каталазе, а из 3-х штаммов рода *Micrococcus* у штамма № 57 отмечали высокую активность по амилазе, каталазе и липазе, у штамма № 61 – высокую активность по каталазе, липазе и среднюю – по амилазе. У штамма №62 была замечена только каталазная активность высокого уровня.

То есть, из бактерий, выделенных из биоплёнки озерной системы «Ла Извор», можно отметить следующие штаммы: штамм № 51 и № 65, активные по 4-м ферментам, а также штамм № 49, штамм № 54, штамм № 60, активные по 3-м ферментам и штаммы № 57 и № 61 из рода *Micrococcus*, активные по 3-м ферментам.

Штаммы бактерий, отличающиеся по энзиматической активности, пополнят Национальную коллекцию непатогенных микроорганизмов, как по-



тенциальные продуценты таких ферментов, как амилаза, каталаза, липаза и целлюлаза.

*Исследования финансировались в рамках проекта 20.80009.7007.09 (ANCD).*

#### **Библиографический список**

1. Характеристика биоразнообразия микробного сообщества водной толщи озера Байкал / Н. Л. Белькова, В. В. Парфенова, Т. Я. Косторнова, Л. Я. Денисова, Е. Ф. Зайчиков // Микробиология. 2003. Т. 72. № 2. С. 239–249.
2. Isolation of environmental bacteria from surface and drinking water in Mafikeng, South Africa, and characterization using their antibiotic resistance profiles / S. G. Mulamattathil, C. Bezuidenhout, M. Mbewe, C. Ateba // Hindawi Publishing Corporation Journal of Pathogens. 2014. Vol. 2014. 11 pages. doi.org/10.1155/2014/371208
3. Куликов Я. К. Агрэкология. Минск : «Вышэйшая школа», 2012. 319 с.
4. Богдан Н. Ю., Сланина В. А. Перспективы использования водных микроорганизмов // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. (г. Киров, 26–27 апреля 2022 г.). Киров : ВятГУ, 2022. С. 92–97.
5. Лысак В. В., Игнатенко Е. И. Физиология микроорганизмов : учеб.-метод. пособие. Минск : БГУ, 2016. 80 с.
6. Активность целлюлолитического комплекса индуцированных мутантов *Bacillus subtilis* / Д. Маслак, И. Феклистова, И. Гринева, Т. Скакун, Л. Садовская, Н. Максимова // Труды БГУ Микробиология. 2015. Т. 10, часть 1. С. 82–89.
7. Богдан Н. Ю., Сланина В. А. Биологически активные вещества водных микроорганизмов // Микроорганизмы и плодородие почвы : материалы I Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Евгении Матвеевны Панкратовой. Киров : Вятский ГАТУ, 2022. С. 14–19.

### **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ (НА ПРИМЕРЕ АВТОШАМПУНЕЙ)**

***В. С. Симакова***

*Кировский государственный медицинский университет,  
vasilina.simakova.1989@mail.ru*

Выявлены границы толерантности различных групп почвенных микроорганизмов (МО) к возрастающим концентрациям синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) и лаурил сульфата натрия (ЛСН). Проведен комплексный мониторинг почвы вблизи одной из автомоек г. Кирова с использованием физико-химического и биологического методов.

Ключевые слова: синтетические поверхностно-активные вещества, микроорганизмы.

В настоящее время техногенное загрязнение окружающей среды приобретает глобальный характер [1]. Это связано, прежде всего, с резким увеличением количества легковых автомобилей на дорогах, и, как следствие этого, распространением автомоек, применяющих СПАВ в качестве автошампуней.

Доказано, что попадая в окружающую среду, СПАВ влияют на различные группы организмов, в том числе и МО [2].

Цель данной работы – выявить характер влияния химически чистого ЛСН и 3-х марок автошампуней, часто используемых на рынке г. Кирова, на рост и развитие МО в концентрациях, рекомендуемых для мытья машин.

Исследования осуществлялись на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятского ГАТУ и аттестованной экоаналитической лаборатории ВятГУ.

Изучалось влияние 3-х марок автошампуней: Концентрат, Uni и Felix и ЛСН на следующие тест-организмы: цианобактерию *Nostoc paludosum* (из коллекции кафедры) и *Azotobacter* sp.

В модельных лабораторных опытах исследования проводились на стерильном песке, дерново-подзолистой супесчаной и дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве луговых фитоценозов.

В полевых опытах использовали образцы почвы, отобранные вблизи одной из автомоек г. Кирова.

При выполнении работы применялись физико-химические и биологические методы, включающие определение каталазой активности, метод количественного определения содержания формазана при биотестировании с использованием цианобактерий, метод прямого количественного учета фототрофных микроорганизмов под микроскопом, метод количественного учета и биотестирования с использованием ЦБ *N. paludosum*. Все данные были статистически обработаны.

Попадая в почвенные экосистемы, СПАВ влияли на состояние биоты, включая микробные комплексы, представленные многочисленными группами МО, между которыми существовали сложные трофические взаимоотношения друг с другом, другими представителями почвенной биоты и высшими растениями [2].

При использовании автошампуней в концентрации, рекомендуемой для мытья машин (1 рекомендуемая доза) особенно сильное репрессивное действие оказывал шампунь марки Uni. Наименее токсичными в этой серии опытов оказались автошампуня Концентрат и Felix (табл. 1).

Автошампунь Uni вызвал резкое снижение численности клеток *N. paludosum* до 1,6% от контроля. Происходило снижение количества формазана в клетках более, чем в 20 раз. Активности каталазы под влиянием Uni снижалась в 10 раз в почве и в 5 раз в песке, именно этот вид ЦБ можно считать наиболее приемлемым видом для определения токсичности автошампуня Uni.

Таблица 1

**Влияние автошампуней на развитие ЦБ *N. paludosum* через 12 месяцев экспозиции в дерно-подзолистой почве и песке**

Вариант	Численность <i>N. paludosum</i> по отношению к контролю, %	Содержание формазана в клетках ЦБ <i>N. paludosum</i> к контролю, %	Активность каталазы, мл O <sub>2</sub> /г почвы	
			ДПП	песок
Контроль	98,2	100,0	3,3±0,5	0,5±0,04
Автошампунь Uni	1,6	4,2	0,3±0,01	0,1±0,03
Автошампунь Концентрат	33,0	10,4	2,4±0,6	0,3±0,07
Автошампунь Felix	6,0	5,6	2,8±0,4	0,2±0,01

Примечание: н. о. – не определяли.

Поэтому именно Uni и ЛСН, входящий в его состав, в возрастающих концентрациях были выбраны для выявления наиболее токсичных концентраций при воздействии на рост и развитие *N. paludosum* (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние возрастающих концентраций автошампуня Uni на рост и развитие *N. paludosum***

Вариант	Численность <i>N. paludosum</i> по отношению к контролю через 30 дней / 6 месяцев, %	Активность каталазы мл O <sub>2</sub> /г нестерильной ДПП	Индекс токсичности почвы и класс токсичности	
			30 дней	6 месяцев
Контроль	100,0 / 100,0	0,5±0,04	н. о.	н. о.
0,25 р. д.	69,0 / 79,6	0,5±0,04	0,69 / 3	0,80 / 4
0,5 р. д.	59,6 / 68,2	0,4±0,09	0,60 / 3	0,68 / 3
1,0 р. д.	54,8 / 57,7	0,3±0,03	0,55 / 3	0,59 / 3
2,0 р. д.	34,7 / 30,5	0,2±0,01	0,35 / 2	0,30 / 2
4,0 р. д.	27,2 / 12,3	0,2±0,01	0,27 / 2	0,12 / 2
r	-0,85 / -0,94	-0,86	-0,94	-0,96

Примечание: р. д. – рекомендуемая доза; н. о. – не определяли.

В числителе – показатель индекса токсичности ПАВ на почвенные микроорганизмы; в знаменателе – класс токсичности по показателям индекса токсичности. Значение класса токсичности: 1 – сверхвысокий, вызывающий гибель тест-организма, 2 – высокий, 3 – средний, 4 – низкий, 5 – норма.

Установлено, что по мере увеличения концентрации автошампуня Uni происходило резкое снижение каталазной активности, численности клеток ЦБ через 30 дней и 6 месяцев. При концентрациях 2,0 р. д. и 4,0 р. д. автошампуня Uni класс токсичности почвы высокий. При этом, коэффициент корреляции между концентрацией Uni и всеми испытуемыми показателями имеют высокое отрицательное значение (-0,85 – -0,96).

Изучение влияния возрастающих концентраций ЛСН проводили по определению состояния *N. paludosum* и по определению диаметра колоний бактерий *Azotobacter* sp. (табл. 3).

Установлено, что между концентрацией ЛСН и численностью клеток *N. paludosum* и диаметром *Azotobacter* sp. существовала высокая степень отрицательной корреляции (-0,85 и -0,98). Степень и класс токсичности ЛСН существенно выше, чем у автошампуня Uni при 2,0 р. д. и 4,0 р. д.

Таким образом, проведение модельных опытов показал, что используемый для мойки автотранспорта автошампунь Uni оказывал сильное отрицательное воздействие на полезные группы почвенных микроорганизмов: ЦБ *N. paludosum* и *Azotobacter* sp. Повышение концентрации в автошампуне стало причиной токсичности почвы до высокого и сверхвысокого класса.

Таблица 3

**Влияния возрастающих концентраций ЛСН на *N. paludosum* и *Azotobacter* sp.**

Вариант	Количество клеток <i>N. paludosum</i> по отношению к контролю в нестерильной ДПП, %	Средний диаметр колоний <i>Azotobacter</i> sp., см	Индекс и класс токсичности ЛСН в нестерильной ДПП
Контроль	100,0	0,48±0,01	н. о.
0,25 р. д.	78,4	0,38±0,04	0,78 / 4
0,5 р. д.	58,9	0,37±0,04	0,59 / 3
1,0 р. д.	23,5	0,34±0,03	0,29 / 2
2,0 р. д.	8,5	0,28±0,07	0,08 / 2
4,0 р. д.	0,3	0,04±0,01	0,003 / 1
r	-0,85	-0,98	-0,87

*Примечание:* р. д. – рекомендуемая доза для мойки машин; прочерк обозначает отсутствие вида; н. о. – не определяли; класс токсичности: 1 – сверхвысокий, вызывающий гибель тест-организма, 2 – высокий, 3 – средний, 4 – низкий, 5 – норма.

При переходе от модельных опытов в полевые условия мы исследовали образцы почвы, находящиеся на расстоянии от 3 до 9 м от автомойки, и, следовательно, испытывающих постоянное воздействие, стоков содержащих различные виды автошампуней (табл. 4).

Таблица 4

**Результаты комплексной экологической оценки почв вблизи автомойки**

Расстояние от автомойки, м	Нефтепродукты, мг/кг	Каталазная активность, мл O <sub>2</sub> /(г почвы · мин)	Количество видов фототрофов/ процентов от фона	Содержание цианобактерий в фототрофных популяциях, %	Содержание жизнеспособных клеток в популяции <i>N. paludosum</i> , %
3	6900±1700	0,62±0,03	5/29,4	80,0	44,5
6	1080±270	0,85±0,05	9 / 52,9	66,7	55,3
9	2200±500	0,95±0,15	13 / 76,5	46,2	78,2
Фон	24±9	0,97±0,15	17 / 100,0	35,3	80,8
r		-0,917	-0,831	0,790	-0,743
p		0,042	0,085	0,105	0,129

*Примечание:* r – коэффициент корреляции между показателем биотестирования/биоиндикация и содержанием нефтепродуктов в почве, p – уровень значимости.

При проведении комплексной экологической оценки почв вблизи автомойки было установлено, что увеличение содержания нефтепродуктов в поч-

ве привело к снижению каталазой активности и численности видов фототрофных организмов, но при этом наблюдалась цианофитизация фототрофных сообществ, вызванная возрастанием численности ЦБ от 17% в фоновой почве до 80% в почве, находящейся в самой непосредственной близости к автомойке.

Биотестирование почвенной вытяжки тетразольно-топографическим методом с использованием в качестве тест-организма *N. paludosum* показало, что содержание жизнеспособных клеток ЦБ с 80,8% в фоновой почве резко снизилась в опытных образцах почти в 2 раза.

Таким образом, при мониторинге состояния городских почв, загрязненных СПАВ, в качестве информативных показателей можно использовать активность каталазы, определение видового обилия водорослей и ЦБ, определение вклада ЦБ в структуру фототрофных показателей и тестирование жизнеспособности клеток *N. paludosum* при воздействии почвенной вытяжки [3].

#### Выводы

1. Используемые для мойки автомобилей автошампуни являются достаточно токсичными для исследуемых групп МО (ЦБ *N. paludosum*, *Azotobacter* sp.).

2. Из 3-х видов испытанных автошампуней и ЛСН наиболее агрессивными являются Уп1 и ЛСН.

3. Действие этих СПАВ приводит к резкому снижению численности, интродуцированной в почву ЦБ *N. paludosum*, каталазной активности почвы, жизнеспособности клеток *N. paludosum* и резкому увеличению индекса токсичности почвы.

4. Комплексное мониторинговое исследование состояния городской почвы в г. Кирове показало, что адекватно коррелирующими с уровнем химического загрязнения нефтепродуктами являются 4 оценочных показателя: уровень каталазной активности в почвенной вытяжке, снижение численности фототрофных МО (водорослей и ЦБ), цианофитизация сообществ, резкое снижение численности жизнеспособных клеток *N. paludosum* при определении тетразольно-топографического метода.

#### Библиографический список

1. Хачатурян К. С., Абдулкадыров А. С., Ефимова Д. В. Российская нефтехимия: текущее состояние и перспективы развития // Инновации и инвестиции. 2018. № 8. С. 181–185.

2. Маркина Ж. М. Действие детергентов и поверхностно-активных веществ на рост, физиологические и биохимические показатели одноклеточных водорослей (обзор) // Известия ТИНРО. 2009. Т. 156. С. 125–134.

3. Биомониторинговые возможности микроорганизмов при оценке степени токсичности синтетических поверхностно-активных веществ / Л. В. Кондакова, Л. И. Домрачева, Т. Я. Ашихмина, В. С. Симакова // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 4. С. 93–98. doi: 10.25750/1995-4301-2018-4-093-098

## **ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА МИКРОБОЦЕНОЗ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ**

*Т. В. Кузнецова, А. А. Утомбаева, Э. Р. Зайнулгабидинов, А. М. Петров*  
*Институт проблем экологии и недропользования Академии наук*  
*Республики Татарстан, kuznetsovatatyana@mail.ru*

В условиях модельной биологической рекультивации изучено влияние гранулированного осадка городских сточных вод (гранулята) на микробный пул чистой и загрязненной нефтью серой лесной среднесуглинистой почвы. Показано, что при внесении 2% гранулята в чистую и содержащую до 14,4 г/кг нефтепродуктов почву происходит обогащение микробного сообщества. При более высоких концентрациях поллютанта гранулят ингибировал рост большинства исследованных групп микроорганизмов.

Ключевые слова: нефтепродукты, осадки сточных вод, серая лесная почва, микроорганизмы.

Эффективность мероприятий по биологической рекультивации загрязненных нефтью почв определяется типом почвы, концентрацией поллютанта, устойчивостью почвенных микроорганизмов к действию токсиканта [1–3]. При проведении рекультивационных работ для повышения устойчивости микробного пула, активизации процессов метаболизма осуществляется увлажнение и перемешивание почв, в нее вносятся микроорганизмы-деструкторы, сорбенты, органические и минеральные удобрения, проводятся иные восстановительные мероприятия.

Изучение структуры и численности эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов позволяет оценить эффективность тех или иных приемов рекультивации, объяснить происходящие в загрязненных почвах метаболические процессы [4, 5]. Экспериментально полученные при разных уровнях загрязнения характеристики микробного пула позволяют спрогнозировать способность почв к самоочищению, предложить более эффективные пути восстановления их свойств и плодородия [6, 7].

Образующиеся в ходе очистки городских сточных вод осадки содержат биологически усваиваемые органические вещества и биогенные элементы, что при условии их соответствия ветеринарно-санитарным, гигиеническим показателям, позволяет их использовать в качестве удобрения. Осуществляемая на очистных сооружениях МУП «Водоканал» г. Казани термомеханическая обработка осадков сточных вод (ОСВ) обеспечивает получение гранулированного продукта (далее гранулят), который согласно ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 [8], может быть использован в качестве удобрения, что делает актуальным изучение возможности его применения при рекультивации нефтезагрязненных почв.

Цель исследований – в условиях модельной рекультивации изучить влияние гранулированного осадка городских сточных вод на состав микробоценоза серой лесной почвы содержащей разные дозы нефтепродуктов.

В исследованиях были использованы серая лесная среднесуглинистая почва Республики Татарстан (горизонт А1, гумус – 4,4%;  $N_{\text{вал}}$  – 0,21%;  $P_{\text{общ}}$  – 0,07%;  $pH_{\text{в}}$  – 6,25) и термомеханически обработанный осадок сточных вод МУП «Водоканал» г. Казани в виде гранулята (влажность–6,3%; органическое вещество – 60,4%;  $N_{\text{общ}}$  – 3,0%;  $P_{\text{общ}}$  – 1,5%;  $P_{\text{подв}}$  – 2000 мг/кг; класс опасности IV).

Почвенные образцы были искусственно загрязнены парафинистой, сернистой смолистого типа нефтью Ямашинского месторождения. Эксперимент включал несколько вариантов с различным остаточным содержанием нефтепродуктов (НП). Определенное ИК-спектрометрическим методом [9] содержание НП в опытных образцах составляло: вариант В1 – 2,7 г/кг; вариант В2 – 6,1 г/кг; вариант В3 – 14,4 г/кг; вариант В4 – 19,7 г/кг. Контролем (К) служила чистая почва.

После непродолжительной выдержки каждый опытный образец делился на две части, одна из которых являлась контролем (опыт Сл без гранулята), а во вторую часть добавляли 2% гранулированного ОСВ (опыт СлГ). Образцы увлажнялись до влажности 20%, перемешивались и выдерживались в течение 5 суток.

Инкубирование почвенных образцов осуществляли в емкостях, содержащих по 400 г почвы при температуре 19–25 °С, влажности образцов 20–25%. Количество повторностей в каждом варианте – 3.

После 42-суточной условной рекультивации, включающей еженедельное рыхление и увлажнение во всех вариантах опытов Сл и СлГ, была определена численность гетеротрофных (ОМЧ), углеводородокисляющих (УОМ), целлюлозолитических микроорганизмов, нитрификаторов, актиномицетов, микромицетов и бактерий, усваивающих минеральный азот (БУМА) [10]. Численность исследуемых групп выражали в КОЕ/г абсолютно-сухой массы почвы.

Предварительно проведенный микробиологический анализ термически обработанного ОСВ показал, что в его составе отсутствуют бактерии группы кишечной палочки. В тоже время в нем в большом количестве присутствуют гетеротрофные ( $1 \cdot 10^9$  КОЕ/г) и углеводородокисляющие ( $29,5 \cdot 10^6$  КОЕ/г) микроорганизмы, бактерии утилизирующие минеральный азот ( $1 \cdot 10^8$  КОЕ/г), актиномицеты ( $4,9 \cdot 10^7$  КОЕ/г), другие группы микроорганизмов (целлюлозолитические, нитрификаторы, микромицеты), внесение которых с гранулятом обогащает почву микроорганизмами, что играет важную роль в процессах деградации поллютантов.

Сравнение составов микробных сообществ в конце эксперимента показало, что внесение гранулята в чистую серую лесную почву привело к увеличению содержания большинства исследованных групп микроорганизмов, причем увеличение их численности варьировало от 1,6 раз у углеводородо-

кисляющих микроорганизмов, до 27,3 раз у микромицетов. Численность нитрификаторов не изменилась, а БУМА снизилась в два раза (табл.).

Таблица

**Относительная численность микроорганизмов в чистых и загрязненных нефтью почвенных образцах после 42-суточной инкубации в присутствии гранулята и без него (отношение СлГ/Сл)**

Группа микроорганизмов	Варианты				
	К	В1	В2	В3	В4
ОМЧ	8,6	2,3	3,6	2,5	1,0
УОМ	1,6	1,0	1,3	1,9	0,8
Актиномицеты	10,5	0,3	1,9	11,9	0,1
Микромицеты	27,3	19,1	21,0	9,4	0,9
БУМА	0,5	0,3	0,5	0,3	0,2
Целлюлозолитические	4,2	4,2	13,2	6,1	0,1
Нитрификаторы	1,0	10,8	32,0	1,0	1,0

Внесение гранулята в рекультивируемую нефтезагрязненную почву в целом обогащало микробное сообщество, при этом эффект от его внесения определялся концентрацией поллютанта в почвенных образцах. В вариантах В1–В3 опыта СлГ ОМЧ содержание микромицетов, целлюлозолитических микроорганизмов было выше, чем в опыте Сл, в вариантах В2 и В3 опыта СлГ наблюдалось более высокая численность УОМ и актиномицетов, в тоже время в варианте В1 численность последних была существенно ниже, а содержание УОМ не отличалось от опыта Сл. Протекторное действие гранулята в вариантах В1 и В2 привело к многократному увеличению численности достаточно чувствительных к действию токсикантов нитрификаторов. Высокие концентрации НП нивелировали проявлявшийся при более низких концентрациях поллютанта положительный эффект от внесения гранулята, в варианте В4 опыта СлГ численность большинства групп микроорганизмов была ниже, чем в опыте Сл.

Полученные исследования показали, что:

– внесение 2% гранулированного осадка городских сточных вод в чистую и содержащую до 14,4 г/кг нефтепродуктов серую лесную среднесуглинистую почву при проведении рекультивационных мероприятий приводит к увеличению численности большинства из исследованных групп микроорганизмов;

– при концентрации нефтепродуктов в почве 19,7 г/кг, гранулят ингибировал рост численности большинства исследованных групп микроорганизмов.

– полученные результаты показывают, что при проведении рекультивационных мероприятий на нефтезагрязненных серых лесных почвах эффективность от применения гранулированных осадков городских сточных вод определяется дозой присутствующего в почве поллютанта.



### Библиографический список

1. Исмаилов Н. М. Микробиология и ферментативная активность нефтезагрязненных почв // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М. : Наука, 1988. С. 42–56.
2. Влияние остаточного содержания нефтепродуктов на состав и активность почвенного микробного сообщества / А. М. Петров, Л. К. Каримуллин, Т. В. Кузнецова, А. А. Вершинин, Р. Э. Хабибуллин // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 23. С. 356–359.
3. Состав микробных сообществ при разном содержании нефтепродуктов в серых лесных почвах / Т. В. Кузнецова, А. М. Петров, И. В. Князев, Р. Э. Хабибуллин // Вестник технологического ун-та. 2016. Т. 19, № 14. С. 165–168.
4. Дегтярева И. А., Хидиятуллина А. Я. Оценка влияния природных ассоциаций углекислоговодородоокисляющих микроорганизмов на состояние нефтезагрязненной почвы // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2011. Т. 153, № 3. С. 137–143.
5. Киреева Н. А. Микробиологическая оценка почвы, загрязненной нефтяными углеводородами // Башкирский химический журнал. 1995. Т. 2, № 3–4. С. 65–68.
6. Биологическая активность и состав микробного пула серой лесной почвы в условиях длительного воздействия нефтяного загрязнения / А. М. Петров, Л. К. Каримуллин, А. А. Вершинин, Т. В. Кузнецова // Российский журнал прикладной экологии. 2018. № 2. С. 26–30.
7. Кузнецова Т. В., Петров А. М., Хабибуллин Р. Э. Динамика микробного пула дерново-подзолистых почв при разных начальных уровнях нефтяного загрязнения // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20, № 17. С. 116–120.
8. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. М. : Стандартинформ, 2008, 5 с.
9. ПНД Ф 16.1.2.2.22-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрии. М., 1998. Издание 2005. 13 с.
10. Практикум по микробиологии / под ред. проф. Н. С. Егорова М. : Изд-во Московского университета, 1976. 307 с.

### ФИТОПЛАНКТОН КАК ИНДИКАТОР КАЧЕСТВА ВОДЫ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВЕЛИКОЙ (ПСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

*Т. В. Дрозденко, Т. К. Антал*

*Псковский государственный университет, tboichuk@mail.ru*

Представлены результаты мониторинга фитопланктона дельты реки Великой в весенне-летний период 2020 года. Определены видовой и количественный составы фитопланктона, показано видовое сходство альгофлор в исследуемые сезоны, рассчитаны индексы трофности и сапробности, благодаря чему установлен класс качества вод дельты.

Ключевые слова: биоиндикация, мониторинг, фитопланктон, трофность, сапробность, качество воды, дельта реки Великой.

Река Великая – крупный водоток Псковской области, впадающий в Чудско-Псковское озеро. Длина реки составляет 430 км, площадь водосбора 25200 км<sup>2</sup>. Впадая в Псковское озеро, р. Великая образует в устье обширную дельту, состоящую из многочисленных низких наносных островов и протоков [1]. Дельта р. Великой представляет собой экотонную акваторию между речной и озерной экосистемами, в которой происходит взаимодействие различных по свойствам водных масс. В дельте сосредоточены нерестилища многих видов рыб, а также места гнездования птиц. Большая часть дельты входит в состав заказника «Псковско-Чудская приозерная низменность» [2]. В связи с растущими темпами хозяйственного освоения региона необходимость проведения наблюдений за экологическим состоянием дельты очевидна и не вызывает сомнений.

Важнейшая роль в водных экосистемах отводится фитопланктону, который, являясь первичным продуцентом органического вещества и начальным звеном в трофической цепочке, чутко и быстро реагирует на малейшие изменения в водной среде, что делает его ключевым объектом в индикации качества вод [3, 4].

Целью данной работы стало изучение показателей развития фитопланктона для оценки экологического состояния дельты реки Великой в весенне-летний период 2020 г.

Отбор гидробиологического материала проводился в мае и августе 2020 года на 5 постоянных станциях дельты р. Великой (рис.). Параллельно измерялись температура и кислотность воды (табл. 1).

Весной в зависимости от станции исследования температура изменялась от 7,0 до 9,0 °С, составляя в среднем 7,7 °С, летом – от 21,5 до 21,9 °С при среднем значении 21,7 °С. Значения рН в мае колебались в пределах 7,9-8,6 (в среднем – 8,3), в августе – 7,4-7,8 (в среднем 7,6). Полученные значения рН воды свидетельствовали о слабощелочной реакции воды дельты.

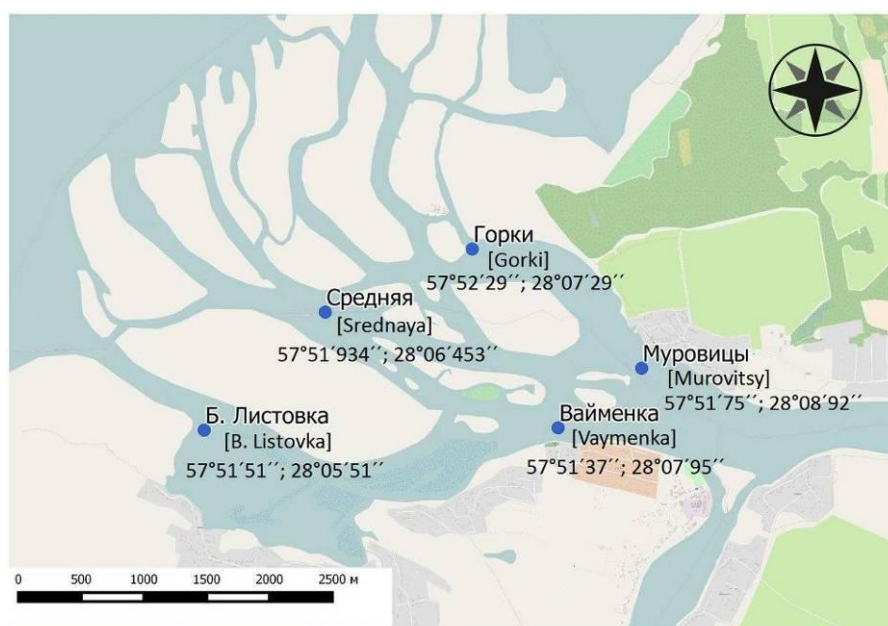


Рис. Карта расположения станций отбора проб в дельте реки Великой

Таблица 1

**Значения температуры (t) и кислотности (pH) воды в местах отбора проб**

Показатели	Станции отбора проб					Среднее по акватории
	Вайменка	Большая Листовка	Средняя	Горки	Муровицы	
Май, 2020						
t, °C	7,0	9,0	7,5	8,0	7,0	7,7±0,7
pH	7,9	8,0	8,6	8,4	8,4	8,3±0,3
Август, 2020						
t, °C	21,5	21,9	21,7	21,6	21,6	21,7±0,1
pH	7,8	7,4	7,6	7,5	7,6	7,6±0,1

Фитопланктон отбирался с поверхностного горизонта, фиксировался формалином до слабого запаха и обрабатывался стандартными методами [5]. При выделении отделов водорослей использовали систему международного сайта AlgaeBase [6]. Сравнение видового состава альгофлоры в разные сезоны года проводилось с помощью индекса Сьеренсена-Чекановского [7]. Численность микроводорослей рассчитывалась по общепринятой формуле [5], биомасса – по объемам водорослей [8]. Трофность акватории определялась индексом трофности Миллиус [9]. Индекс сапробности вычислялся методом Пантле-Букк в модификации Сладечека [10].

За весь период исследований в дельте р. Великой выявлен 151 таксон микроводорослей рангом ниже рода. Больше всего представителей микроводорослей приходилось на отделы Bacillariophyta (35,1 % от числа видов), Chlorophyta (29,8%) и Cyanobacteria (10,6%). На долю охрофитовых водорослей приходилось 8,6%, на динофитовые и эвгленовые – по 5,3%. Представители отделов Cryptophyta и Charophyta были малочисленны – 3,3 и 2,3% соответственно.

В мае идентифицировано 112 видовых и внутривидовых таксонов микроводорослей из 8 отделов (табл. 2). Основу флористического комплекса составляли диатомовые (42,9% от общего числа видов), зеленые (22,3%) и охрофитовые водоросли (10,7%). На долю цианобактерий приходилось около 9,0%. Остальные отделы заметный вклад в видовое богатство не вносили.

Количество видов фитопланктона изменялось от 55 на ст. Горки до 70 на ст. Муровицы. Динофитовые водоросли в мае не были встречены на стт. Средняя и Муровицы, а харовые – на стт. Горки и Муровицы (табл. 2).

В августе зарегистрировано 94 видовых таксона водорослей из тех же отделов, что и весной, но распределение видов отличалось. На первом месте по числу видов находился отдел Chlorophyta (около 32,0%), на втором – Bacillariophyta (26,6%). На долю цианобактерий приходилось 10,6 % от всего видового богатства, охрофитовых водорослей – 9,6%. Остальные отделы весомый вклад в видовой состав альгофлоры дельты не вносили (табл. 2).

Анализ качественного состава фитопланктона по станциям показал, что летом меньше всего видов было отмечено на ст. Горки, как и весной, а больше всего – на ст. Вайменка. Представители отдела Charophyta отмечались

только на ст. Вайменка. Эвгленовые водоросли отсутствовали на ст. Муровицы (табл. 2).

Таблица 2

**Таксономический состав фитопланктона дельты реки Великой (2020 г.)**

Отделы	Вайменка	Большая Листовка	Средняя	Горки	Муровицы	Итого
Число видовых и внутривидовых таксонов в мае, абс.						
Bacillariophyta	23	25	35	26	32	48
Chlorophyta	13	13	12	13	15	25
Charophyta	1	2	2	0	0	3
Cryptophyta	3	1	1	4	4	4
Суанобактерия	6	5	4	1	5	10
Euglenozoa	2	3	2	3	4	5
Miozoa	1	4	0	1	0	5
Ochrophyta	8	7	7	7	10	12
Итого	57	60	63	55	70	112
Число видовых и внутривидовых таксонов в августе, абс.						
Bacillariophyta	12	9	12	15	12	25
Chlorophyta	23	15	14	12	14	30
Charophyta	1	0	0	0	0	1
Cryptophyta	5	5	5	3	3	5
Суанобактерия	3	6	5	2	4	10
Euglenozoa	5	2	1	3	0	7
Miozoa	7	6	3	3	1	7
Ochrophyta	8	7	7	5	4	9
Итого	64	50	47	43	38	94

*Примечание:* цветом выделено отсутствие представителей данного отдела на станциях.

Согласно индексу Сьеренсена-Чекановского сходство видового состава у весенних и летних фитопланктонных сообществ было средним (50,9%).

Численность водорослей в весенний период изменялась от 283,0 тыс. кл./л до 1,4 млн кл./л, биомасса – от 192,4 мкг/л до 414,4 мкг/л (табл. 3). Количественные показатели были наименьшими на ст. Вайменка, наибольшими – на ст. Большая Листовка. Средняя численность фитопланктона исследуемой акватории составляла 597,8 тыс. кл./л, биомасса – 244,4 мкг/л.

Летом численность фитопланктона варьировала от 621,3 тыс. кл./л на ст. Вайменка до 1,1 млн кл./л на ст. Средняя, биомасса – от 215,0 мкг/л на ст. Муровицы до 535,1 мкг/л на ст. Средняя. Значения средней численности фитопланктона составляли 791,5 тыс. кл./л, биомассы – 352,3 мкг/л (табл. 3).

В августе зарегистрировано 94 видовых таксона водорослей из тех же отделов, что и весной, но распределение видов отличалось. На первом месте по числу видов находился отдел Chlorophyta (около 32,0%), на втором – Bacillariophyta (26,6%). На долю цианобактерий приходилось 10,6 % от всего видового богатства, охрофитовых водорослей – 9,6%. Остальные отделы весомый вклад в видовой состав альгофлоры дельты не вносили (табл. 2).

Анализ качественного состава фитопланктона по станциям показал, что летом меньше всего видов было отмечено на ст. Горки, как и весной, а боль-

ше всего – на ст. Вайменка. Представители отдела Charophyta отмечались только на ст. Вайменка. Эвгленовые водоросли отсутствовали на ст. Муровицы (табл. 2).

Таблица 3

**Показатели развития фитопланктона дельты реки Великой**

Показатели	Вайменка	Большая Листовка	Средняя	Горки	Муровицы	Итого
Май, 2020						
N, тыс. кл./л	283,0	1396,8	526,4	290,1	492,6	597,8±411,9
B, мкг/л	192,4	414,4	247,3	168,6	199,1	244,4±88,8
Индекс Миллиус	28,2 олиго-	36,0 олиго-	30,8 олиго-	26,9 олиго-	28,6 олиго-	30,1±3,2 олиго-
Индекс сапробности	2,10	2,21	2,16	2,27	2,15	2,18±0,05
Август, 2020						
N, тыс. кл./л	621,3	756,0	1140,0	816,0	624,0	791,5±189,9
B, мкг/л	251,7	361,4	535,1	398,1	215,0	352,3±113,6
Индекс Миллиус	31,0 олиго-	34,6 олиго-	38,6 олиго-	35,6 олиго-	29,4 олиго-	33,8±3,3 олиго-
Индекс сапробности	2,07	2,06	2,04	2,14	2,10	2,08±0,03

В августе зарегистрировано 94 видовых таксона водорослей из тех же отделов, что и весной, но распределение видов отличалось. На первом месте по числу видов находился отдел Chlorophyta (около 32,0%), на втором – Bacillariophyta (26,6%). На долю цианобактерий приходилось 10,6 % от всего видового богатства, охрофитовых водорослей – 9,6%. Остальные отделы внесомый вклад в видовой состав альгофлоры дельты не вносили (табл. 2).

Анализ качественного состава фитопланктона по станциям показал, что летом меньше всего видов было отмечено на ст. Горки, как и весной, а больше всего – на ст. Вайменка. Представители отдела Charophyta отмечались только на ст. Вайменка. Эвгленовые водоросли отсутствовали на ст. Муровицы (табл. 2).

Индекс сапробности по Пантле и Букк в весенний период изменялся от 2,10 на ст. Вайменка до 2,27 на ст. Горки, в среднем составив 2,18 (табл. 3). В летний период значения индекса сапробности колебались от 2,04 на ст. Средняя до 2,14 на ст. Горки при среднем значении по всей исследованной акватории 2,08. Полученные результаты свидетельствует об умеренном загрязнении вод дельты р. Великой (III класс чистоты), что вполне сопоставимо с полученными ранее данными. Так, летом 2015 г. в дельте индекс сапробности составлял 1,99, а весной 2016 – 2,08 [12].

*Исследование выполнено за счет гранта Псковского государственного университета (проект «Экологический мониторинг дельты реки Великой по структуре и физиологической активности фитопланктона и показателям качества воды»).*

### Библиографический список

1. Реки Псковской области [Электронный ресурс]. – URL: <http://pskovfish.ru/ozero/reki.htm> (дата обращения: 12.02.2023).
2. Лебедева О. А. Экосистема дельты реки Великой и ее влияние на Псковско-Чудское озеро // Псковский регионологический журнал. 2006. № 1. С. 107–121.
3. Дрозденко Т. В., Михалап С. Г., Бугеро Н. В. Видовая структура и разнообразие фитопланктона дельты реки Великой (Псковская область, Россия) // Принципы экологии. 2020. Т. 9. № 3. С. 97–111. doi: 10.15393/j1.art.2020.7962
4. Labonite-Seriño E. K., Belonias B. Planktonic algae as bioindicators of water quality in Pagbanganan River, Baybay City, Leyte // Annals of Tropical Research. 2020. 42 (2). P. 43–51. doi: 10.32945/atr4224.2020
5. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство. М. : Изд-во «Университет и школа», 2003. 157 с.
6. AlgaeBase [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.algaebase.org/> (дата обращения: 10.01.2023-16.02.2023).
7. Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. 176 с.
8. Кузьмин Г. В. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. Магадан : ДВНЦ АН СССР, 1984. 47 с.
9. Теоретические вопросы классификации озер / отв. ред. Н. П. Смирнов. СПб. : Наука, 1993. 185 с.
10. Pantle R., Buck H. Die biologische Uberwachung der Gewasser und die Darstellung der Ergebnisse // Gasund Wasserbach, 1955. Vol. 96. No. 18. 604 p.
11. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О. П. Оксенок, В. Н. Жукинский, Л. П. Брагинский, П. Н. Линник, М. И. Кузьменко, В. Г. Кленус // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.
12. Дрозденко Т. В., Антал Т. К. Оценка качества воды устья реки Великой по показателям фитопланктона // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: рыбное хозяйство, 2021. № 1. С. 51–60. doi: 10.24143/2073-5529-2021-1-51-60

## СООТВЕТСТВИЕ СУКЦЕССИИ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ р. КАЗАНКИ PEG-МОДЕЛИ ЗОММЕРА

*П. А. Любин, К. И. Абрамова*

*Институт проблем экологии и недропользования Академии наук  
Республики Татарстан, plubin@mail.ru*

В статье представлены результаты исследований биомассы фито- и зоопланктона устьевой области р. Казанки в 2018 г. Динамика биомассы планктонов соответствует сукцессионной PEG-модели У. Зоммера. Выделено четыре фазы развития сообществ: весеннего цветения, «чистой воды», летнего цветения и осеннего снижения. Специфика сукцессии планктонных сообществ в устьевой области реки выражается в последовательном, имеющим волновой характер, наступлении сукцессионных фаз на разных участках акватории. Подобной пространственной дифференциации динамики смены фаз во многом может способствовать ограничение водообмена между разными участками акватории и различия в их термическом режиме.

Ключевые слова: фитопланктон, зоопланктон, биомасса, р. Казанка, устьевая область.

Нижнее течение реки Казанки находится в подпоре Куйбышевского водохранилища и разделяет г. Казань на две почти равные части [1]. Ландшафт, прилегающий к реке в пределах города, претерпел сильные изменения. На большей части естественные природные территориальные комплексы сменились антропогенными сообществами и техногенными сооружениями, что привело к трансформации режима самой реки [1]. В пределах города акватория реки перегорожена четырьмя транспортными дамбами с мостами, затрудняющими водообмен, что привело к образованию ряда озеро-подобных расширений с разной степенью влияния речных вод и водохранилища. В месте взаимодействия реки и водохранилища сформировалась особая гидрофизическая система, так называемая устьевая область, характеризующаяся специфическими условиями водной среды [2, 3], которые напрямую влияют на структуру, состав и сезонную сукцессию планктонных сообществ.

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ проводит многолетний мониторинг планктонных сообществ р. Казанки в черте Казани с целью выявления закономерностей смены, в вегетационный период, одних пелагических комплексов другими в условиях антропогенной нагрузки и затрудненного водообмена. Материалом для данного сообщения послужили ежемесячные (с мая по сентябрь) сборы фито- и зоопланктона 2018 г., собранные и обработанные по стандартным гидробиологическим методам (рис. 1).

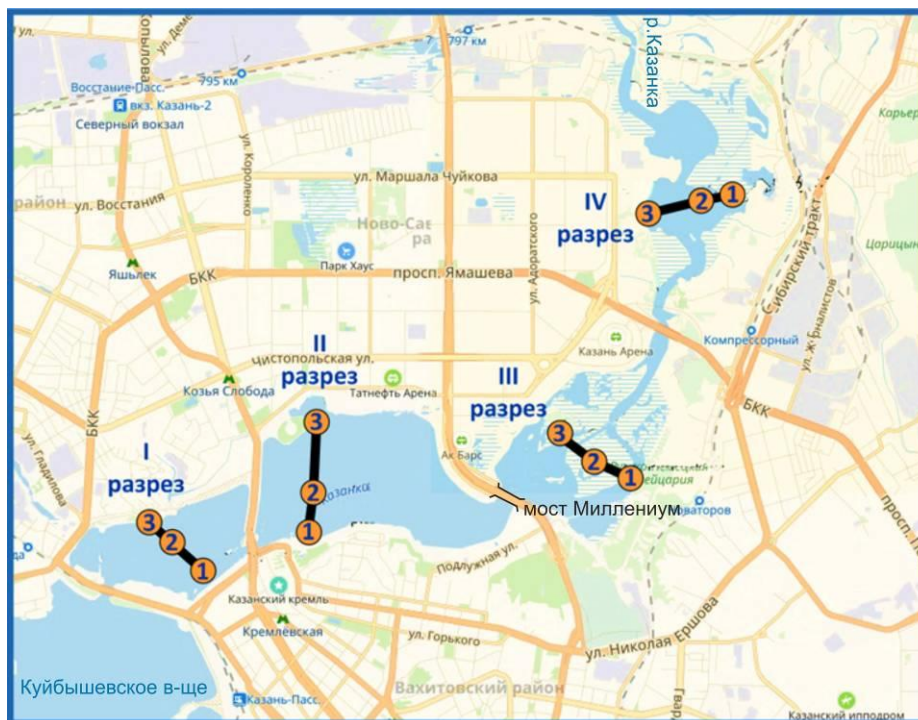


Рис. 1. Расположение станций отбора проб в нижнем течении р. Казанки в 2018 г.

В фитопланктоне отмечено 135 видов и внутривидовых таксонов из семи систематических отделов. По видовому разнообразию преобладали Chlorophyta и Bacillariophyta, по биомассе – Bacillariophyta и Cyanobacteria. В сообществах зоопланктона было зарегистрировано 69 видов, по количеству видов лидировали коловратки, по биомассе – ракообразные [4, 5].

В качестве эталона для сравнения полученных нами данных была выбрана классическая схема сукцессии в пелагической экосистеме – PEG-модель Ульриха Зоммера [6]. Ученый с группой соавторов формализовал многолетние наблюдения за пелагическими сообществами Боденского озера. Авторы сформулировали 24 тезиса, описывающих последовательные изменения в сообществах фито- и зоопланктона мезотрофного водоема, которые можно свести к четырем главным фазам сукцессии.

Построенная диаграмма общей динамики биомассы фито- и зоопланктона на всей исследованной акватории показала общее соответствие ее сукцессионной модели У. Зоммера. По динамике биомассы планктеров четко выделяются все четыре фазы: фаза весеннего цветения (май), фаза «чистой воды» (июнь), фаза летнего цветения (июль-август) и фаза осеннего снижения (сентябрь) (рис. 2).

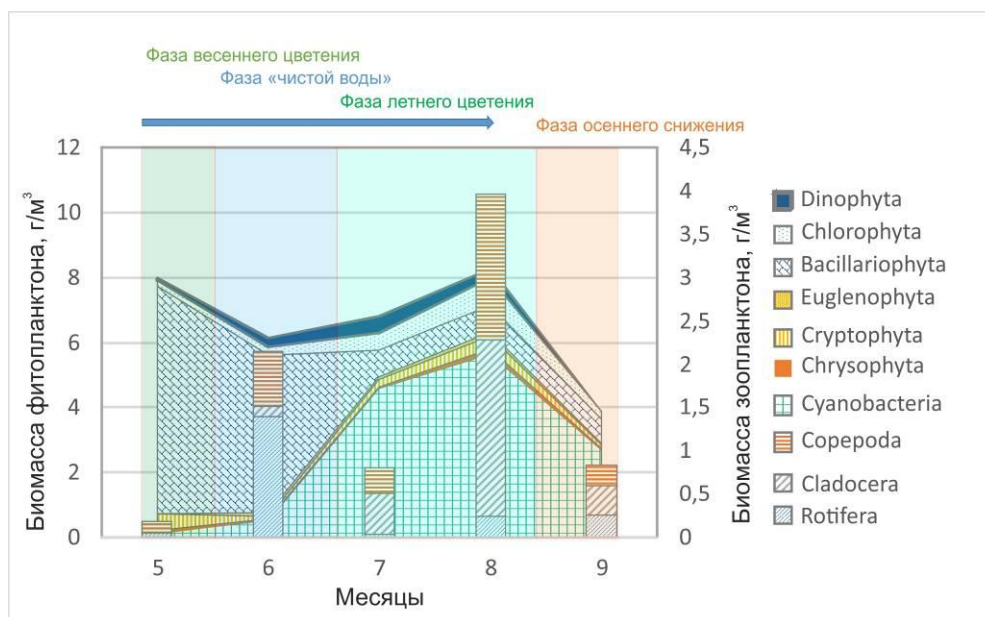


Рис. 2. Динамика средней биомассы фито- и зоопланктона в районе исследования

Во время весеннего цветения в сообществах фитопланктона доминируют Bacillariophyta, во время летнего – Cyanobacteria. В зоопланктоне, как и в модельном водоеме (Боденском озере), наблюдаются два пика численности, после весеннего и во время летнего цветения. Однако, обращает на себя внимание незначительное падение биомассы фитопланктона во время фазы «чистой воды» менее, чем на 25%. Детальный анализ распределения биомассы планктеров по месяцам выявил более сложную картину сукцессионных процессов в районе исследования.



В мае на всех исследованных разрезах наблюдалась фаза весеннего цветения. Биомасса фитопланктона достигала  $10 \text{ г/м}^3$ , в сообществах доминировали Bacillariophyta. Зоопланктон в мае имел низкие показатели, менее  $0,5 \text{ г/м}^3$ ; в сообществах доминировали личиночные стадии веслоногих рачков. Обращает на себя внимание волновой эффект в распределении биомассы планктеров по участкам исследования. Уменьшение показателей обилия фитопланктона наблюдалось от нижних участков устьевой области (разрез I) к верхним (разрез IV). По нашему мнению, это может указывать на то, что процесс весеннего цветения начинается со стороны водохранилища и идет поэтапно в глубь устьевой области.

В июне произошло снижение биомассы фитопланктона на разрезах I и II, при одновременном ее увеличении на станциях разрезов III и IV. Таким образом, волна весеннего цветения поднялась в верхнюю часть устьевой области, а в нижней ее части в это время наступила следующая фаза «чистой воды», характеризующаяся значительным падением биомассы фитопланктона (в 4 раза). Сообщество зоопланктона характеризовалось высокой биомассой более  $1 \text{ г/м}^3$  и доминированием коловраток рода *Aspalchna*.

В июле вновь наблюдалось увеличение биомассы фитопланктона до уровня июньских значений, однако, на этот раз в сообществе доминировали Cyanobacteria. Процесс также шел волнообразно, при этом ситуация в нижней части устьевой области соответствовала фазе летнего цветения, а состояние планктонных сообществ в ее верхней части больше соответствовало фазе «чистой воды». Также синхронно происходили изменения в зоопланктоне. На нижних участках наблюдалось увеличение его биомассы и формирование нового типа сообщества с доминированием кладоцер, в верхних – снижение его биомассы (фаза «чистой воды»).

В августе на всех исследованных участках наблюдалась фаза летнего цветения с доминированием Cyanobacteria и высокой биомассой зоопланктона. Происходило более равномерное распределение биомассы фитопланктона (около  $8 \text{ г/м}^3$ ) по акватории всей устьевой области.

В сентябре наблюдалось снижение биомассы фито- и зоопланктона, наиболее выраженное в верхней части исследуемой речной области. Здесь планктонные сообщества уже вошли в фазу осенней депрессии, тогда как в нижней части они еще оставались в состоянии фазы летнего цветения.

Таким образом, исследования, проведенные в 2018 г., показали, что динамика биомассы фито- и зоопланктона в нижнем течении р. Казанки соответствует сукцессионной PEG-модели У. Зоммера. Специфика сукцессии планктонных сообществ в устьевой области реки выражается в последовательном, имеющим волновой характер, наступлении сукцессионных фаз на разных участках акватории. Наступление фаз весеннего и летнего цветения идет от нижних участков устьевой области, более тесно контактирующих с водами Куйбышевского водохранилища, к верхним ее участкам, подверженным более сильному влиянию речных вод. Наступление осеннего снижения планктонных сообществ идет в обратном направлении. Подобной простран-

ственной дифференциации динамики смены фаз во многом может способствовать ограничение водообмена между разными участками акватории и различия в их термическом режиме.

#### **Библиографический список**

1. Мозжерин В. И., Ермолаев О. П., Мозжерин В. В. Река Казанка и ее бассейн. Казань : Orange key, 2012. 280 с.
2. Гидроэкология устьевых областей притоков равнинного водохранилища / под ред. А. В. Крылова. Ярославль : Филигрань, 2015. 466 с.
3. Физико-химическая характеристика воды выделенных зон устьевой области притока. Гидроэкология устьевых областей притоков равнинного водохранилища / А. И. Цветков, А. В. Крылов, С. Э. Болотов, Н. Г. Отюкова. Ярославль : Филигрань, 2015. С. 56–75.
4. Абрамова К. И., Токинова Р. П. Межгодовая динамика летнего фитопланктона в устьевой области реки Казанки (г. Казань) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2020. № 29 (3). С. 89–94.
5. Любин П. А., Межгодовая динамик количественных характеристик зоопланктона Казанского залива Куйбышевского водохранилища // Природа Симбирского Поволжья : сб. науч. трудов. Вып. 23. Ульяновск, 2022. С. 15–22.
6. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters / U. Sommer, Z. M. Gliwicz, W. Lampert, A. Duncan // Arch. Hydrobiol. 1986. Vol. 106 (4). P. 433–471.

### **ВИДОВАЯ СТРУКТУРА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕР КАЛАЦКОЕ И ЛЕСИЦКОЕ (ПСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, ПЕЧОРСКИЙ РАЙОН)**

*Т. В. Дрозденко, И. В. Тимофеев*

*Псковский государственный университет, tboichuk@mail.ru*

Представлены результаты исследования фитопланктона озер Калацкое и Лесицкое в весенний сезон 2022 года. Определен таксономический состав, осуществлен количественный и эколого-географический анализ микроводорослей, рассчитаны некоторые индексы разнообразия, оценено сходство видового состава фитопланктонных сообществ рассматриваемых озер.

Ключевые слова: фитопланктон, численность, биомасса, индексы разнообразия, эколого-географическая характеристика, озера Печорского района.

В результате повышенного антропогенного пресса в водных экосистемах наблюдаются изменения водного баланса, гидрохимического состава и качества вод, что, в свою очередь, может повлечь за собой перестройку сложившихся сообществ не только в зоне влияния, но и на связанных акваториях [1, 2].

Важнейшим компонентом водных экосистем является фитопланктон, выступающий первичным продуцентом органического вещества, лежащий в основе всех трофических взаимодействий и служащий индикатором измене-

ний условий среды обитания. Планктонные водоросли очень чутко реагируют на происходящие изменения водной среды, что отражается на видовом составе, а также их численности и биомассе [3, 4].

Всестороннее изучение планктонной альгофлоры озер Печорского района – Калацкого и Лесицкого – до начала наших исследований не проводилось.

Проточное озеро Калацкое имеет площадь 17,6 га, среднюю глубину 2,4 м, характеризуется крутыми берегами и имеет плотвично-окуневый ихтиотип с лещом. Степень зарастания озера макрофитами составляет 15,0%.

Глухое озеро Лесицкое имеет площадь 24,0 га, среднюю глубину 1,7 м, характеризуется отлогими берегами и относится к водоемам плотвично-окунёвого ихтиотипа. Зарастание макрофитами достигает 7,0% [5].

Помимо рыбного промысла, данные озера широко используются в рекреационных целях. На берегах озер расположены базы отдыха с обустроенными местами для купания. В связи с этим необходимость изучения фитопланктона озер Калацкого и Лесицкого очевидна.

Целью данной работы стало исследование видовой структуры, разнообразия и экологических особенностей фитопланктона озер Калацкого и Лесицкого в весенний период 2022 г.

Пробы фитопланктона отбирались в мае 2022 г. с поверхностного слоя водоемов общепринятым способом и обрабатывались согласно стандартным методикам [6]. При выделении отделов водорослей придерживались системы сайта AlgaeBase [7].

К доминирующим относили виды, численность которых была более 10% от общей численности обнаруженных планктонных водорослей.

Анализ сходства таксономического состава планктонных альгофлор исследуемых озер проводился с использованием индекса Сьеренсена-Чекановского [8]. Для изучения параметров альфа-разнообразия сообществ рассчитывались индексы разнообразия Шеннона, доминирования Симпсона и выравнимости Пиелу [9].

Экологические характеристики микроводорослей уточнялись из ряда монографий [10, 11].

Всего в Калацком и Лесицком озерах в мае 2022 г. было идентифицировано 99 видовых и внутривидовых таксонов фитопланктона из 8 отделов: Bacillariophyta, Chlorophyta, Ochrophyta, Cryptophyta, Charophyta, Euglenozoa и Miozoa и Cyanobacteria.

В Калацком озере обнаружен 61 видовой таксон фитопланктона рангом ниже рода. Большим видовым богатством характеризовался отдел Bacillariophyta (рис.). В отделе Chlorophyta зарегистрировано 16 видовых таксонов водорослей, в отделе Cyanobacteria – 8. Представители остальных отделов в планктонной альгофлоре не были ярко выражены.

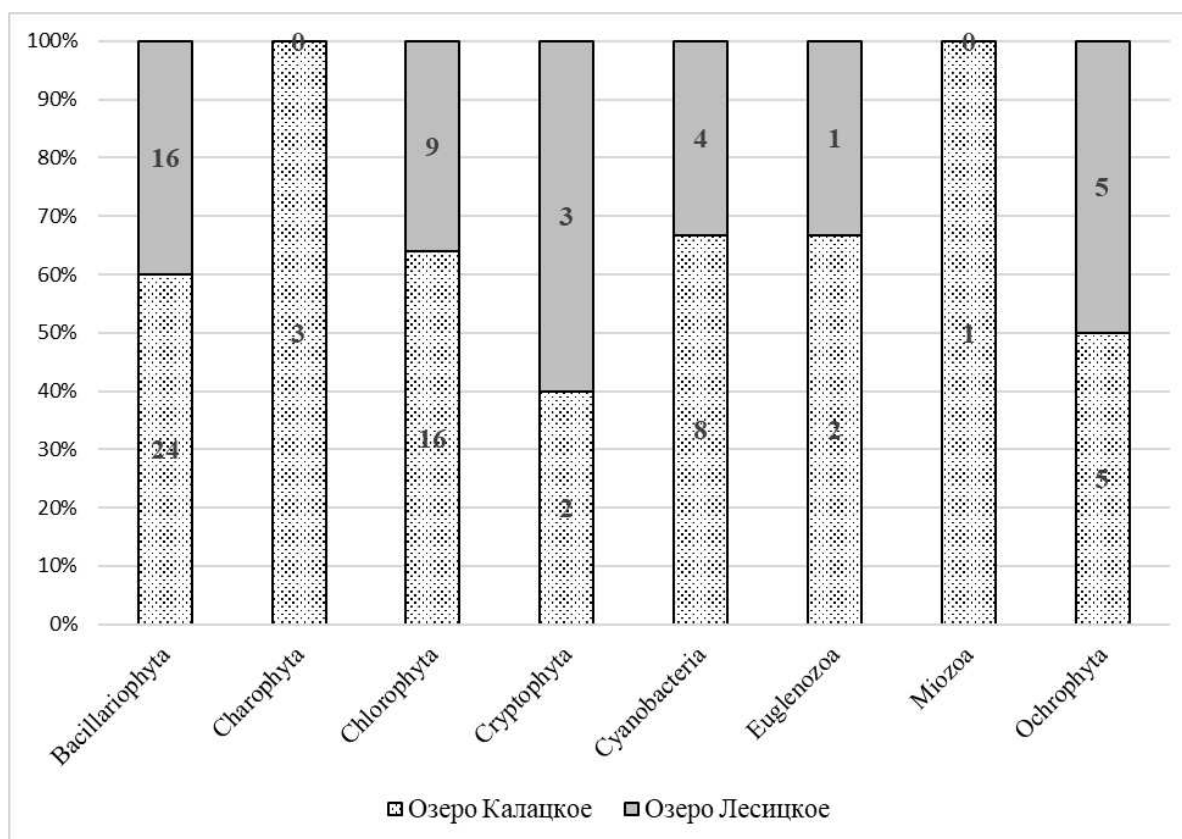


Рис. Таксономический состав фитопланктона озер Печорского района (май, 2022)

В Лесицком озере было выявлено всего 38 таксонов фитопланктона из 6 отделов. Наиболее представительными оказались отделы Bacillariophyta и Chlorophyta, содержащие 16 и 9 видовых таксонов водорослей соответственно. Заметен вклад представителей отдела Ochrophyta. Динофитовых и харовых водорослей в исследуемом озере не встретилось (рис.).

Таким образом, альгофлора Калацкого озера характеризовалась как диатомово-хлорофито-цианобактериальная, а Лесицкого – как диатомово-хлорофито-цианобактериальная с присутствием охрофитовых водорослей, что в целом сопоставимо с полученными в весенний период 2021 г. данными [12].

Анализ сходства видового состава планктонных альгофлор озер Калацкого и Лесицкого с помощью индекса Сьеренсена-Чекановского показал их среднюю степень сходства (61%). Общими для двух альгоценозов были 30 видов микроводорослей.

Согласно расчетам количественных показателей, численность фитопланктона в Калацком озере составила 1,5 млн. кл./л, биомасса – 0,3 мг/л (табл. 1).

Таблица 1

**Численность фитопланктона исследуемых озер (май, 2022 г.)**

Отделы водорослей	Калацкое		Лесицкое	
	N, тыс. кл/л	B, мкг/л	N, тыс. кл/л	B, мкг/л
Bacillariophyta	196,0	170,0	28,0	41,8
Charophyta	0,0	0,0	–	–
Chlorophyta	428,0	46,9	20,0	2,8
Cryptophyta	16,0	5,1	10,0	1,3
Cyanobacteria	748,0	23,5	10,0	0,5
Euglenozoa	0,0	0,0	1,0	1,2
Miozoa	4,0	3,4	–	–
Ochrophyta	104,0	4,7	110,0	2,6
Итого:	1496,0±202,8	253,7±38,4	179,0±23,3	50,2±8,9

Основной вклад в численность вносили цианобактерии, на долю которых приходилось 50,0% от общего количества. При этом лидирующую роль играла водоросль *Aphanocapsa delicatissima* West & G.S.West (37,4%) (табл. 2).

Таблица 2

**Доминирующие по численности виды фитопланктона (май, 2022 г.)**

Отдел	Вид	Численность, тыс. кл./л	% от общего числа видов
Калацкое			
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	560,0	37,4
Chlorophyta	<i>Pseudodidymocystis planctonica</i>	176,0	11,8
Лесицкое			
Ochrophyta	<i>Kephyrion doliolum</i>	40,2	26,3
Ochrophyta	<i>Kephyrion rubri-claustri</i>	35,0	19,6

Также значительный вклад в численность вносила зеленая водоросль *Pseudodidymocystis planctonica* (Korshikov) E.Hegewald & Deason (11,8%). Доля диатомовых в общей численности составляла 13,1%, однако в биомассе их содержание было 67,0% за счет крупноклеточных представителей.

В Лесицком озере количественные показатели весеннего фитопланктона были заметно ниже. Численность микроводорослей составляла 179 тыс. кл./л, биомасса – 50,2 мкг/л (табл. 1). Большой вклад в численность вносили охрофитовые (61,5 %), среди видов-доминантов которых отмечались *Kephyrion doliolum* Conrad и *K. rubri-claustri* Conrad (табл. 2). На представителей отделов Bacillariophyta и Chlorophyta приходилось всего 15,6% и 11,2% соответственно. Основную часть биомассы составляли диатомовые водоросли, достигая 83,3%.

Рассчитанный по численности фитопланктона индекс Шеннона для Калацкого озера составил 2,64, для Лесицкого – 2,28. Полученные данные свидетельствуют о том, что уровень видовой разнообразия планктонной альгофлоры в Калацком озере был выше.

Значения индекса Симпсона составляли 0,17 и 0,21 для Калацкого и Лесицкого озер соответственно. Считается, что если индекс Симпсона превышает 0,1, то можно констатировать высокий уровень доминирования в сообществах [13]. Полученные данные это подтверждают. На доминирующие виды в рассматриваемых озерах приходилось практически до половины численности микроводорослей (табл. 2).

Индекс Пиелу указывает, насколько относительная численность особей при данном количестве видов распределена в сообществе равномерно, т.е. индекс отражает степень равнопредставленности видов в сообществе [9]. Полученные значения индекса Пиелу в исследуемых озерах были близки и характеризовали среднюю степень выравненности видов водорослей в альгофлоре: 0,64 для Калацкого озера и 0,62 для Лесицкого.

Таким образом, полученные индексы разнообразия в целом указывают на среднюю сложность структуры фитопланктонных сообществ исследуемых озер Калацкого и Лесицкого.

Эколого-географическая характеристика показала, что по распространению в обоих озерах доминировали космополиты – 57,9–65,6% от общего числа.

По отношению к местообитанию преобладали планктонные формы – 57,9–63,9%. На долю планктонно-бентосных форм приходилось 24,6–26,3%, бентосных – 9,8–10,5%.

По отношению к минерализации вод все встреченные микроводоросли являлись олигогалобами. Из них доминировали индифференты – 46,8–54,1%, на долю галофилов приходилось 13,2–16,4%, галофобов – до 2,6%.

По отношению к рН среды алкалофилы составляли 26,3%, ацидофилы – до 2,3%. Большинство выявленных водорослей данных не имело (65,6–71,1%).

По отношению к фактору загрязнения органическими веществами значительная часть водорослей являлись бета-мезосапробами (37,0–47,8% от видов, имеющих данные), что свидетельствует о бета-мезосапробной зоне самоочищения исследованных озер.

Таким образом, в исследованных озерах преобладали широко распространенные пресноводные формы микроводорослей, предпочитающие слабощелочные воды.

*Исследование выполнено за счет гранта Псковского государственного университета (проект «Экологический мониторинг дельты реки Великой по структуре и физиологической активности фитопланктона и показателям качества воды»).*

#### **Библиографический список**

1. Горбунов М. Ю., Уманская М. В., Краснова Е. С. Современное экологическое состояние озера Большое Васильевское // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16(1–1). С. 183–187.

2. Малышева А. А., Кривина Е. С., Кузьмина К. А. Состав и структура фитопланктона памятника природы оз. Яицкое (Самарская область, Россия) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2018. № 3(3). С. 70–79. doi: 10.24189/ncr.2018.042
3. Современные тенденции изменений пресноводных экосистем Евро-Арктического региона / Н. А. Кашулин, Д. Б. Денисов, С. А. Валькова, О. И. Вандыш, П. М. Терентьев // Труды КНИЦ РАН. Серия «Прикладная экология Севера». Апатиты, 2012. Вып. 1. С. 6–53.
4. Drozdenko T. V., Volgusheva A. A. Phytoplankton and Water Quality in Kuchane Lake (Pskov Oblast, Russia) // Biology Bulletin. 2022. Vol. 49. No. 10. С. 1769–1775. doi: 10.1134/S1062359022100107
5. Реки Псковской области [Электронный ресурс]. – URL: <http://pskovfish.ru/ozero/reki.htm> (дата обращения: 07.03.2023).
6. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство. М. : Изд-во «Университет и школа», 2003. 157 с.
7. AlgaeBase [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.algaebase.org/> (дата обращения: 10.01.2023–16.02.2023).
8. Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике [Statistical methods in comparative Floristics]. Л. : Изд-во Ленинградского университета, 1980. 176 с.
9. Шитиков В. К., Зинченко Т. Д., Розенберг Г. С. Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели. Тольятти : Кассандра, 2011. 255 с.
10. Барина С. С., Медведева А. Л., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив : PiliesStudio, 2006. 498 с.
11. Судницына Д. Н. Альгофлора водоемов Псковской области. Псков : ЛОГОС Плюс, 2012. 224 с.
12. Дрозденко Т. В., Тимофеев И. В., Мишкова Т. А. Видовой состав и количественные показатели фитопланктона озёр Калацкое и Лесицкое (Псковская область, Печорский район) // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2022. Т. 15. № 2. С. 56–65.
13. Леонтьев Д. В. Флористический анализ в микологии: учебник для студентов высших учебных заведений. Харьков, 2008. 110 с.

## **ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОТЫ КИШЕЧНИКА ЧЕЛОВЕКА НА РАЗВИТИЕ, ТЕЧЕНИЕ И ТЕРАПИЮ ШИЗОФРЕНИИ**

*М. О. Мирный*

*Вятский государственный университет, kaf\_bf@vyatsu.ru*

На основе анализа современной научной литературы рассмотрена иммунная гипотеза развития шизофрении. Дано понятие о снижении разнообразия кишечной микробиоты человека как одном из факторов возникновения заболевания. Отмечен потенциал применения психобиотических препаратов в комбинированной психофармакотерапии шизофрении.

Ключевые слова: микробиом, шизофрения, пробиотики, психофармакология

Выявление популяционных и экологических предпосылок в формировании патологических состояний человека актуально в связи с особым вниманием, уделяемым сегодня качеству жизни и сменой научной парадигмы

естественно-научного познания [1]. Кишечная микробиота – общая совокупность микроорганизмов в кишечнике человека, включающая в себя более чем 1000 уникальных бактериальных видов [2, 3]. Другие данные молекулярно-филогенетических исследований свидетельствуют о наличии в кишечнике человека от 15 до 36 тысяч видов бактерий [4]. Количество микроорганизмов, согласно результатам исследования ирландских и канадских ученых, приблизительно равно количеству клеток во всем организме ( $3,9 \times 10^{13}$  и  $3,0 \times 10^{10}$ ) [5].

Существует понятие оси «кишечник-мозг» (Gut-brain axis), которое в последнее время переходит к виду «микробиота-кишечник-мозг». Взаимодействие в данной системе является двусторонним. Взаимодействие происходит через десятую пару черепных нервов (nervus vagus), проходящих от мозга к брюшной полости и достигается за счет диффузии метаболитов бактерий напрямую и косвенно – посредством энтерохромаффинных клеток (EC-cells), выстилающих желудочно-кишечный тракт. Кроме этих путей выделяют также и другие пути взаимодействия, например через эндокринную систему: гипоталамо-гипофизарно-адреналовую ось и другие компоненты системы [6], а также иммунную систему. Вероятно, имеется связь между этими путями регуляции и иммунной гипотезой шизофрении.

Шизофрения – хроническое психическое заболевание, характеризующееся нарушением процессов мышления и их единства при сохраненном или незначительно сниженном интеллекте. Эти симптомы коморбидны с эмоциональным обеднением и апато-абулией. Симптомы делятся на психодифицитарные (утрата или полное исчезновение нормальных реакций) и психопродуктивные (симптомы, не имеющие места у здоровых людей). Также выделяют вторичную психодифицитарную симптоматику, опосредованную влиянием психопродуктивных симптомов и побочными эффектами лекарств [7]. На данный момент имеется несколько гипотез развития заболевания. До недавнего времени основной считалась генетическая [8], но в последнее время больше интереса вызывает иммунная теория развития заболевания. Также относительно недавно появилась гипотеза, которая, основываясь на генетическом потенциале микробиома и его влиянии на иммунную систему, предполагает возможную этиологическую роль микробиоты в развитии шизофрении [9].

С помощью методов молекулярной филогении показано снижение микробного разнообразия (индекс Шеннона) и индекса видового богатства микроорганизмов (Chao1) у пациентов с шизофренией по сравнению со здоровыми людьми. Определено увеличение у пациентов с шизофренией доли бактерий семейств *Veillonellaceae*, *Prevotellaceae*, *Bacteroidaceae*, *Coriobacteriaceae* и снижение доли бактерий семейств *Lachnospiraceae*, *Ruminococcaceae*, *Norank* и *Enterobacteriaceae* [10].

Недавние исследования в области психиатрии показали, что за счет GALT-клеток (GALT – gut associated lymphoid tissue), ЖКТ является самым большим периферическим органом и связан с продукцией большинства (70–80%) иммунных клеток в организме. Это позволяет рассматривать иммунную



теорию развития шизофрении в связи с микробиомом человека. К примеру, в исследовании L. Rudzki и A. Szulc показана связь между воздействием бактериальных липосахаридов, влияющим на иммунный ответ организма и рисками развития шизофрении [11]. Эту гипотезу также подтверждает коморбидность шизофрении с аутоиммунной патологией ЖКТ, например, целиакией. Важно отметить, что уровень антител коррелирует с тяжестью психотической симптоматики [12].

Для того, чтобы продуктивно использовать эти связи, следует рассмотреть потенциал применения психобиотиков – пробиотиков и пребиотиков, содержащих организмы, положительно влияющие на психическое здоровье – для редуцирования вторичной негативной симптоматики. К примеру, эксперимент французских ученых показал, что применение пробиотиков, содержащих в составе виды *Lactobacillus helveticus* и *Bifidobacterium longum*, улучшило психоэмоциональное состояние пациентов за счет снижения уровня кортизола [13]. Также исследование канадских ученых показало значительное снижение уровня тревожности у пациентов, несколько месяцев принимавших пробиотик с *Lactobacillus casei* [14]. Данные также показывают улучшение общего психоэмоционального состояния пациентов.

Преимуществом пробиотиков перед препаратами, используемыми для редуцирования вторичной негативной симптоматики, является малое количество побочных эффектов и их относительно слабая выраженность. Возможные побочные эффекты включают в себя чувство тошноты, вздутие живота, крайне редко возможны развитие системных инфекций, гиперстимуляция иммунной системы, передача генов патогенным бактериям [15].

Психобиотики могут играть терапевтическую роль при лечении пациентов, больных шизофренией в отношении депрессивной симптоматики и когнитивных нарушений [14, 16]. В статье T. Nguyen et al. была также показана связь между шизофренией и снижением микробиотического разнообразия, что позволяет использовать этот фактор как маркер для диагностики шизофрении [17].

Также различные авторы указывали на то, что течение заболевания сопровождается комплексным сдвигом общей иммунологической активности. В рандомизированном двойном слепом плацебо-контролируемом исследовании терапия антипсихотиками в сочетании с миноциклином (антибиотик тетрациклинового ряда) в дозировке 200 мг/сут сопровождалась улучшением клинической картины. Коэффициент улучшения негативной симптоматики по шкале PANSS составил 9,2 балла в группе, принимающей миноциклин и 4,7 балла в группе, принимающей плацебо. Важно отметить, что пациенты из выборки имели давность заболевания не более 5 лет. Добавление миноциклина к психофармакологической терапии может улучшить течение заболевания на ранних этапах, но механизмы подобного действия не исследованы до конца до сих пор [18, 19].

В результате проведенного анализа литературы, можно сделать вывод о том, что микробиота кишечника оказывает влияние на течение и терапию ши-

зофрении. Применение психобиотиков возможно в комбинированных схемах лечения. Имеется потенциал разработки новых препаратов, включающих в себя бактерии *Lachnospiraceae*, *Ruminococcaceae* и прочие, позволяющие наладить фон кишечной микробиоты у пациентов. Подобная терапия позволит достичь таких же результатов с меньшим количеством побочных эффектов и является перспективным направлением развития в психофармакологии.

#### Библиографический список

1. Ахмедова Л. Ш., Гаджиев А. А., Гусейнова Н. О. Системный подход как научная парадигма естественно-научного познания // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 222–227. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-222-227

2. Metagenomic Analysis of the Human Distal Gut Microbiome // Science.org : сайт. [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1126/science.1124234> (дата обращения: 26.03.2023).

3. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome // Nature.com : сайт. [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1038/nature11234> (дата обращения: 26.03.2023).

4. // Molecular-phylogenetic characterization of microbial community imbalances in human inflammatory bowel diseases / D. N. Frank, A. L. St. Amand, R. A. Feldman, E. C. Boedker, N. Harpaz, N. R. Pace // Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A. National Academy of Sciences. 2007. Vol. 104. No. 34. P. 13780–13785

5. Sender R., Fuchs S., Milo R. Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body // PLoS Biology Blackwell Publishing company. 2016. Vol. 14. No. 8. P. e1002533.

6. The Neuroendocrinology of the Microbiota-Gut-Brain Axis: A Behavioural Perspective / S. Cusotto, K. V. Samdhu, T. G. Dinan, J. F. Cryan // Frontiers in Neuroendocrinology : электронный журнал. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/frontiers-in-neuroendocrinology> (дата обращения: 26.03.2023).

7. MSD Manuals : сайт. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.msmanuals.com/ru-ru/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9/%D0%BD%D0%B0%D1%80%D1%83%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D0%BF%D1%81%D0%B8%D1%85%D0%B8%D0%BA%D0%B8/%D1%88%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D1%84%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D0%B8-%D1%> (дата обращения: 26.03.2023).

8. O'Donovan M. C., Williams N. M., Owen M. J. Recent advances in the genetics of schizophrenia // Human Molecular Genetics : электронный журнал. [Электронный ресурс]. – URL: <https://academic.oup.com/hmg> (дата обращения: 26.03.2023).

9. Dinan T. G., Borre Y. E., Cryan J. F. Genomics of schizophrenia: time to consider the gut microbiome? // Molecular Psychiatry : [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nature.com/mp/> (дата обращения: 26.03.2023).

10. The gut microbiome from patients with schizophrenia modulates the glutamate-glutamine-GABA cycle and schizophrenia-relevant behaviors in mice // Science.org : сайт. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aau8317> (дата обращения: 26.03.2023).

11. Innate immune receptor Toll-like receptor 4 signalling in neuropsychiatric diseases / B. G. Bueno, J. R. Caso, J. M. Madrigal, J. C. Leza // Neuroscience & Biobehavioral Reviews : электронный журнал. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/neuroscience-and-biobehavioral-reviews> (дата обращения: 26.03.2023).

12. Coeliac disease and schizophrenia: population based case control study with linkage of Danish national registers / W. Eaton, P. B. Mortensen, E. Agerbo, M. Byrne, O. Mors, H. Ewald // *BMJ* : электронный журнал. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bmj.com/content/328/7437/438> (дата обращения: 26.03.2023).

13. Assessment of psychotropic-like properties of a probiotic formulation (*Lactobacillus helveticus* R0052 and *Bifidobacterium longum* R0175) in rats and human subjects / M. Messaoudi, R. Lalonde, N. Violle, H. Javelot, D. Desor, A. Nejdi, J. Bisson, C. Rougeot, M. Pichelin, M. Cazaubiel, J. Cazaubiel // *The British Journal of Nutrition* : электронный журнал. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition> (дата обращения: 26.03.2023).

14. Are probiotic treatments useful on fibromyalgia syndrome or chronic fatigue syndrome patients? A systematic review / P. Roman, F. Carillo-Trabalon, N. Sanchez-Labraca, F. Canadas, A. F. Estevez, D. Cardona // *Beneficial Microbes* : электронный журнал. [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.3920/BM2017.0125> (дата обращения: 26.03.2023).

15. Coelho T., Kerpel R. Психобиотики в лечении депрессии: новый взгляд на психическое здоровье // *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. 2007. Vol. 01. No. 05. P. 125–152.

16. Wallace C. J. K., Miley R. The effects of probiotics on depressive symptoms in humans: a systematic review // *Annals of General Psychiatry* : электронный журнал. [Электронный ресурс]. – URL: <https://annals-general-psychiatry.biomedcentral.com/> (дата обращения: 26.03.2023).

17. Effect of *Lactobacillus rhamnosus* HN001 in Pregnancy on Postpartum Symptoms of Depression and Anxiety: A Randomised Double-blind Placebo-controlled Trial / R. F. Slykerman, F. Hood, K. Wickens, J. M. D. Thompson, C. Barthow, R. Murphy, J. Kang, P. Stone, J. Crane, T. Stanley, P. Abels, G. Purdie, R. Maude, E. A. Mitchell // *EBioMedicine* : электронный журнал. [Электронный ресурс]. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28943228/> (дата обращения: 26.03.2023).

18. The Effects of Memantine on Prepulse Inhibition // *Nature.com* : сайт. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nature.com/articles/npp20097> (дата обращения: 20.02.2023).

19. Celecoxib augmentation of continuously ill patients with schizophrenia / M. H. Rapoport, K. K. Delrahim, C. J. Bresee, R. E. Maddux, O. Ahmadpour, D. Dolnak // *Biological Psychiatry*. 2005. Vol. 57. P. 1594–1596.

## **ВЫБОР ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ДЛЯ ТИПИРОВАНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ СЕПТОРИОЗА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ**

*И. С. Агалакова, И. А. Лундовских*

*Вятский государственный университет, agalakova1998@mail.ru*

Септориоз является повсеместно распространенным заболеванием растений, который наносит огромный вред сельскому хозяйству, в том числе при возделывании пшеницы, поэтому важно контролировать распространение возбудителей, типировать штаммы возбудителей и оценивать их вирулентные свойства, оценивать устойчивость растений к штаммам возбудителя и выявлять резистентные сорта и линии растений. Разработка специфических тест-систем для молекулярно-генетических исследований по идентификации и типированию возбудителей септориоза позволит выяснить, к какому именно

виду и штамму относится тот или иной изолят и выявлять резистентные к данному штамму линии растений.

Целью данной работы является подбор маркеров, чтобы обосновать праймеры для видовой идентификации возбудителей септориоза методом локус-специфичной ПЦР.

Методом исследования является анализ структуры последовательностей известных видов возбудителей септориоза, используемых для мультилокусного исследования и классификации данных патогенов.

Ключевые слова: возбудители септориоза, генетические маркеры, выравнивание последовательностей, степень гомологии.

Возбудители септориоза являются наиболее болезнетворными патогенами сортов мягкой и твёрдой пшеницы, обычно ассоциирующимся с пятнами листьев и стеблевыми язвами широкого спектра растительных хозяев, преимущественно во влажном умеренном климатическом поясе [1, 2].

Основными из них в России являются роды *Septoria* и *Stagonospora*. Двумя наиболее важными патогенами пшеницы на территории Российской Федерации являются *Septoria tritici* и *Stagonospora nodurum* [3, 4].

Анализ последовательностей данных 5 локусов (*ITS*, *Btub*, *EF-1 alfa*, *LSU*, *RPB2*) у грибов – возбудителей септориоза и септориозоподобных заболеваний растений показал, что первичные структуры 2 маркеров – *LSU* и *RPB2* – при выравнивании и построении филогенетических деревьев, отражающих группировку последовательностей по степени гомологии и родства, дает согласованные и четкие результаты [5, 6].

Для молекулярно-генетической идентификации изолятов грибов классическими молекулярными маркерами являются локус *ITS* и локус *Btub*. Как правило, видовую идентификацию грибов проводили путем секвенирования одного генетического маркера и поиска гомологии структуры этого маркера с имеющимися последовательностями в базах данных. Однако в последнее время монолокусное секвенирование перестало удовлетворять требованиям специфичности и точности анализа, т.к. выявлены группы грибов, имеющие одинаковую структуру данных генетических маркеров [7, 8]. Данные маркеры имеют высокую степень гомологии среди группы грибов – возбудителей септориоза. Это создавало трудности и ошибки в видовой идентификации изолятов [9, 10].

Современный подход в идентификации микроорганизмов – мультилокусное секвенирование и анализ первичных структур нескольких (как правило, 5–10) генетических локусов одновременно.

Задачу по обоснованию праймеров для видовой идентификации целевых организмов, распространенных на территории Кировской области, можно упростить, используя частный подход и анализируя структуру не всех последовательностей известных видов возбудителей септориоза, а лишь ограниченную выборку целевых видов. Для Кировской области это близкородствен-

ные виды *Parastagonospora avenae* и *Parastagonospora nodurum*, а также представитель другого рода *Zymoseptoria tritici*.

Мы провели сравнение первичных последовательностей 5 целевых представителей возбудителей септориоза по всем 5 генетическим локусам, используемым для мультилокусного исследования и классификации возбудителей септориоза. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

### Генетические маркеры для видовой идентификации возбудителей септориоза

Название маркера	Продукт	Длина фрагмента, п.н.	Степень гомологии среди целевых организмов, %	Степень гомологии среди близкородственных <i>P. avenae</i> и <i>P. nodurum</i> , %
ITS	Межгенный транскрибируемый спейсер в кластере генов рРНК	500–560	62	97–98
<i>Vtub</i>	бета-тубулин	250–340	47–52	91–92
<i>EF-1 alfa</i>	Фактор-1 альфа элонгации трансляции	250–540	65–67	85–88
LSU	28S рРНК эукариот	~ 700	80–81	99
RPB2	большая субъединица РНК-полимеразы II эукариот	~ 340	69–70	92–93

Таким образом, для решения частной задачи обоснования праймеров для выявления вида возбудителя септориоза среди целевых организмов, распространенных на территории Кировской области, целесообразно использовать маркер *Vtub* как имеющий наименьшую степень гомологии среди анализируемых видов. Для точного выявления близкородственных видов предпочтительным является маркер *EF-1 alfa* с наименьшей гомологией среди близкородственных видов *Stagonospora avenae* и *Stagonospora nodurum*. Результаты работы могут быть использованы в дальнейшем в борьбе с септориозом пшеницы посредством быстрого типирования изолятов возбудителя на конкретных территориях. Также с помощью молекулярно-генетических исследований можно будет точнее типировать в коллекциях изоляты грибов, вызывающих септориоз, или разграничить виды, с первого взгляда похожие друг на друга.

### Библиографический список

1. Shipton W. A., Boyd W. R. J., Rosielle A. A. The common Septoria diseases of wheat // Botanical Review. 1971. Vol. 37. No. 2. P. 231–262.
2. Quaedvlieg W. Sizing up *Septoria* // Studies in Mycology. 2013. No. 75. P. 307–390.
3. Шамрай С. Н. *Mycosphaerella graminicola*: особенности патогена и патогенеза // Вісник харківського національного аграрного університету. Серія біологія. 2011. Вип. 2 (23). С. 25–45.

4. Тетеревникова-Бабаян Д. Н. Грибы рода Септория в СССР. Ереван : Изд-во АН АрмССР, 1987. 479 с.
5. Jones J. D. G., Dangl J. L. The plant immune system // *Nature*. 2006. Vol. 444. P. 323–329.
6. Fraaije B. A., Lovell D. J. Rapid detection and diagnosis of *Septoria tritici* epidemics in wheat using a polymerase chain reaction // *Journal of Applied Microbiology*. 1999. Vol. 86. P. 701–708.
7. Sears E. R. A synthetic hexaploid wheat with fragile rachis // *Wheat Information Service*. 1976. Vol. 41. P. 31–32.
8. Genetic variation for virulence and resistance in the wheat–*Mycosphaerella graminicola* pathosystem. I. Interactions between pathogen isolates and host cultivars / G. H. J. Kema, J. H. Annone, R. S. Sayoud, C. H. van Silfhout // *Phytopathology*. 1996. Vol. 86. No. 2. P. 200–212.
9. Turgeon B. G., Yoder O. C. Proposed nomenclature for mating type genes of filamentous ascomycetes // *Fung. Genet. Biol.* 2000. Vol. 31, No. 1. P. 1–5.
10. Sanderson F. R. A *Mycosphaerella* species as the ascogensus state of *Septoria tritici* // *New Zealand Journal of Botany*. 1972. Vol. 10. P. 707–709.

**ЭНЗИМАТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ,  
ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ОЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ «ЛА ИЗВОР»  
(г. КИШИНЕВ)**

*Т. Ф. Сырбу, К. Е. Молдован, С. А. Бурцева*  
*Институт микробиологии и биотехнологии,*  
*Технического университета Молдовы, tamara.sirbu@imb.utm.md*

В статье представлены результаты определения способности микромицетов 8 родов, выделенных из водной толщи, биопленки и придонных отложений озерной системы «Ла извор», синтезировать такие ферменты, как амилаза, каталаза, липаза и целлюлаза. Установлено, что, в основном, изучаемые штаммы микромицетов обладают энзиматической активностью среднего уровня. Также замечено, что количество штаммов, отличающихся средней активностью по изучаемым ферментам, было больше среди штаммов, выделенных из придонных отложений, чем из водной толщи или биопленки. Штаммы микромицетов, показавшие среднюю активность по этим ферментам, пополнят Национальную коллекцию непатогенных микроорганизмов.

Ключевые слова: микромицеты, энзиматическая активность, каталаза, липаза, целлюлаза.

Разработка технологии получения и использования ферментов в различных отраслях промышленности, медицине, сельском хозяйстве и др. является одним из ведущих направлений биотехнологии [1, 2]. Ферменты считаются наиболее эффективными катализаторами промышленных процессов, поскольку они более конкурентоспособны по сравнению с химическими катализаторами. Наиболее перспективными из всех микроорганизмов являются гри-

бы (*Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Neurospora*, *Penicillium*, *Trichoderma* и др.). В настоящее время грибные ферменты широко используются в пищевой промышленности (амилаза, протеаза, липаза, глюкооксидаза, пектиназа и танназа) благодаря их высокой специфичности и наименьшему количеству побочных продуктов [3–6].

Эти ферменты вызывают интерес из-за их стабильности, каталитической активности и простоты производства и оптимизации по сравнению с ферментами растений и животных [3, 4, 6, 7].

Целью исследований было определение энзиматической активности микромицетов, выделенных из озерной системы «Ла извор» (г. Кишинев).

В таблице 1 представлены результаты определения энзиматической активности 35 микромицетов 7 родов, выделенных из водной толщи озерной системы «Ла извор». Видно, что у штаммов родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* активность по этим 4-м ферментам низкая. Среди штаммов рода *Fusarium* отмечен штамм № А 17 со средней каталазной и амилазной активностью, а у штамма № А 27 – низкая по 4-м ферментам активность. Больше всего штаммов рода *Penicillium* – 9 штаммов, из которых 2 штамма с низкой активностью по 4-м ферментам, 1 штамм с низкой активностью по 3-м ферментам, 1 штамм (№ А 5) показал среднюю активность по каталазе и целлюлазе, низкую активность по амилазе и липазе. Есть штаммы, активные по 3-м ферментам, но из них со средней активностью по липазе штамм № А 6, а по каталазе со средней активностью были штаммы № А 7, 8, 9.

Таблица 1

**Энзиматическая активность штаммов микромицетов,  
выделенных из водной толщи озерной системы «Ла извор»**

Род	№ штамма	Каталаза	Амилаза	Липаза	Целлюлаза
1	2	3	4	5	6
<i>Alternaria</i>	А 21	–	+	–	+
	А 22	–	+	–	+
	А 23	+	+	+	+
	А 24	+	–	+	–
	А 25	+	–	+	–
	А 26	–	+	+	+
<i>Aspergillus</i>	А 30	–	–	–	–
	А 31	+	–	–	–
	А 32	+	+	+	+
	А 33	+	+	+	+
	А 34	+	+	+	+
	А 35	+	–	+	–
<i>Fusarium</i>	А 17	++	++	–	–
	А 20	++	–	–	–
	А 27	+	+	+	+
<i>Mucor</i>	А 18	+	+	–	–
	А 19	–	–	–	–

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
<i>Penicillium</i>	A 1	+	+	+	+
	A 2	–	+	+	+
	A 4	+	+	+	++
	A 5	++	+	+	++
	A 6	–	+	++	+
	A 7	++	+	–	+
	A 8	++	–	+	+
	A 9	++	+	–	–
	A 10	–	+	+	+
	<i>Talaromyces</i>	A 3	–	+	++
A 28		++	+	–	+
A 29		–	–	–	–
<i>Trichoderma</i>	A 11	++	+	–	–
	A 12	++	–	++	++
	A 13	++	++	+	+
	A 14	++	++	+	++
	A 15	+	++	+	+
	A 16	++	+	+	+

Из 3-х штаммов рода *Talaromyces* есть штамм со средней липазной активностью и низкой амилазной и целлюлазной активностью – штамм № А 3, а другой штамм № А 28 – со средней каталазной и низкой амилазной и целлюлазной активностью.

Таблица 2

**Энзиматическая активность штаммов микромицетов,  
выделенных из биоплёнки озерной системы «Ла извор»**

Род	№ штамма	Каталаза	Амилаза	Липаза	Целлюлаза
1	2	3	4	5	6
<i>Alternaria</i>	B 19	–	–	+	+
	B 20	+	–	+	+
	B 21	+	–	+	–
	B 22	+	–	+	+
	B 23	+	+	–	–
<i>Aspergillus</i>	B 24	–	+	+	+
	B 25	+	+	–	+
	B 26	–	+	–	–
	B 27	–	–	–	–
	B 28	–	–	–	–
<i>Fusarium</i>	B 10	+	+	+	+
	B 11	+	+	+	–
	B 12	+	+	–	+
	B 13	+	–	–	–
	B 14	–	–	+	–



1	2	3	4	5	6
<i>Mucor</i>	В 15	+	–	+	–
	В 16	+	+	–	–
	В 17	+	+	–	–
	В 18	–	–	+	–
<i>Talaromyces</i>	В 1	–	–	+	–
	В 8	+	+	+	+
<i>Trichoderma</i>	В 2	–	–	+	+
	В 3	–	–	+	+
	В 4	+	–	+	–
	В 5	++	–	+	–
	В 6	++	++	+	–
	В 7	+	+	+	–
	В 9	++	++	+	–

Заслуживают внимания штаммы рода *Trichoderma* (6 штаммов), у которых замечены следующие особенности: штамм № А 12 характеризуется средней активностью по 3-м ферментам (каталаза, липаза, целлюлаза), штамм № А 13 активен по 4-м ферментам: по каталазе и амилазе у него средняя активность, а по липазе и целлюлазе – низкая. Штамм № А 14 обладает средней активностью по 3-м ферментам (каталаза, амилаза и целлюлаза) и по липазе – низкая активность. Два штамма № А 15 и А 16 активны по 4-м ферментам, но по 3-м ферментам у них низкая активность, а по каталазе или амилазе – средняя активность.

Из 6-и штаммов рода *Aspergillus* у 4-х низкая активность по 4-м ферментам, а из 6-и штаммов рода *Alternaria* 1 штамм отличался низкой активностью по 4-м ферментам (штамм № А 23) и 1 штамм – по 3-м ферментам с низкой активностью (№ А 26). У штаммов рода *Mucor* только 1 штамм (№ А 18) обладал низкой активностью по каталазе и амилазе.

То есть, из 35 штаммов микромицетов, выделенных из водной толщи озерной системы определенный интерес представляют штаммы № А 17 со средней активностью по каталазе и амилазе рода *Fusarium* и штамм рода *Penicillium* № А 5, отличающийся от других средней активностью по каталазе и целлюлазе и низкой активностью по амилазе и липазе. Такие штаммы как № А 12 и № А 14 со средней активностью по 3-м ферментам и штамм № А 13 со средней активностью по 2-м ферментам (каталаза и амилаза) и низкой активностью по липазе и целлюлазе также представляют определенный интерес.

Анализируя энзиматическую активность микромицетов, выделенных из биопленки (табл. 2), следует, в первую очередь, отметить общий низкий уровень энзиматической активности по сравнению со штаммами, выделенными из водной толщи. Среди 28 штаммов только 3 штамма рода *Trichoderma* показали среднюю активность по каталазе или амилазе. Остальным штаммам из 6-и родов, в основном, свойственна низкая ферментативная активность или отсутствие её. Так, например, из 28 штаммов микромицетов только 15 штаммов

показали низкую активность по каталазе, 11 штаммов – по амилазе, 19 штаммов – по липазе и 10 штаммов по целлюлозе.

Совсем иная картина энзиматической активности микромицетов, выделенных из придонных отложений. По данным таблицы видно, что из 30 выделенных штаммов, 4 штамма со средней активностью по 4-м ферментам (штамм № N 5, 7, 12 и 14), 14 штаммов со средней активностью по 3-м ферментам.

Кроме того, есть штаммы (№ N 13) со средней активностью по 2-м ферментам (каталаза и целлюлаза) и низкой активностью по 2-м ферментам (амилаза и липаза).

Четыре штамма рода *Mucor*, выделенные из придонных отложений, оказались активнее таковых, выделенных из воды и биопленки, т.к. показали среднюю активность по 3-м ферментам (кроме целлюлазы).

Штаммы рода *Aspergillus* оказались активнее таковых из воды и биопленки, т.к. показали, в основном, среднюю активность по 3-м ферментам (кроме целлюлазы).

Три штамма из 5-и рода *Penicillium* характеризовались средней активностью по 3-м ферментам.

Штаммы рода *Talaromyces*, обнаруженные в придонных отложениях, отличались по уровню ферментативной активности от таковых, выделенных из воды или биопленки: их активность была, в основном, средняя.

При сравнении энзиматической активности микромицетов рода *Fusarium* также обращает внимание средняя активность штаммов у выделенных из придонных отложений, чем из воды или биопленки.

По штаммам, относящимся к роду *Trichoderma*, также следует отметить, что более активных (со средней энзиматической активностью) было штаммов среди выделенных из придонных отложений, чем из воды или биопленки практически по каждому из названных 4-х ферментов (табл. 3).

Таблица 3

**Энзиматическая активность штаммов микромицетов, выделенных из ила озерной системы «Ла извор»**

Род	№ штамма	Каталаза	Амилаза	Липаза	Целлюлаза
1	2	3	4	5	6
<i>Aspergillus</i>	N 23	++	++	++	–
	N 24	+	+	+	+
	N 25	++	++	++	–
	N 26	–	–	+	+
	N 27	++	++	++	+
<i>Fusarium</i>	N 19	++	++	++	+
	N 20	+	+	+	++
	N 21	+	+	–	–
	N 22	++	++	++	+
<i>Mucor</i>	N 15	++	++	++	+
	N 16	++	++	++	–
	N 17	++	++	++	–
	N 18	++	++	++	–

1	2	3	4	5	6
<i>Penicillium</i>	N 1	+	+	+	+
	N 2	++	++	++	+
	N 5	++	++	++	++
	N 6	–	–	–	+
	N 8	++	++	++	+
<i>Talaromyces</i>	N 3	++	+	+	+
	N 4	+	+	+	+
	N 7	++	++	++	++
	N 28	+	+	–	+
	N 29	++	++	++	+
	N 30	+	+	+	+
<i>Trichoderma</i>	N 9	++	++	++	+
	N 10	+	+	+	++
	N 11	++	++	++	+
	N 12	++	++	++	++
	N 13	++	+	+	++
	N 14	++	++	++	++

Из штаммов рода *Penicillium* 3 штамма показали среднюю активность по каталазе, амилазе и липазе, 1 штамма (№ N 5) показал среднюю активность по 4-м ферментам и только у штамма № N 6 обнаружена низкая активность по целлюлазе на фоне отсутствия таковой по другим 3-м ферментам.

То есть, из 30 штаммов микромицетов, выделенных из придонных отложений определенным интерес представляют штаммы рода *Mucor* с учетом их средней активности по 3-м ферментам (кроме целлюлазы), 4 штамма рода *Trichoderma*, показавшие, в основном, среднюю активность по 4-м изучаемым ферментам, 3 штамма рода *Penicillium* со средней энзиматической активностью по 3-м ферментам (кроме целлюлазы), как и 3 штамма рода *Aspergillus* и 1 штамм рода *Talaromyces* (№ N 7) со средней активностью по 4-м ферментам.

Таким образом, проведенные исследования показали, что микромицеты, выделенные из озерной системы «Ла извор» отличаются между собой по способности синтезировать такие ферменты, как амилаза, каталаза, липаза и целлюлаза. Установлено, что штаммов, отличающихся средней активностью по этим ферментам в количественном отношении, было больше обнаружено в придонных отложениях, чем в водной толще или биопленки. Микромицеты, принадлежащие к родам *Penicillium*, *Trichoderma* (водная толща), *Trichoderma* (биопленка) и *Mucor*, *Penicillium*, *Trichoderma* (донные отложения) представляют определенный интерес и пополняют Национальную коллекцию непатогенных микроорганизмов, как потенциальные продуценты этих ферментов.

Исследования финансировались в рамках проекта 20.80009.7007.09 (ANCD).

### Библиографический список

1. Михайлова Р. В. Мацерирующие ферменты мицелиальных грибов в биотехнологии. Минск : «Белорусская наука», 2007. 408 с.
2. Зайцева Е. А., Осипова Т. А. Развитие биокаталитических технологий в Московском государственном университете и в некоторых научно-исследовательских институтах России в начале XXI-века // Вестник Московского Университета. Серия 2: Химия. 2002. Т. 43, № 6. С. 340–344.
3. Mane P., Tale V. Overview of microbial therapeutic enzymes // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2015. Vol. 4. No. 4. P. 17–26.
4. Enzymes for pharmaceutical and therapeutic applications / G. K. Meghwanshi, N. Kaur, S. Verma, N. K. Dabi // Biotechnology and Applied Biochemistry. 2020. Vol. 67. No. 4. P. 586–601. doi: 10.1002/bab.1919
5. Microalgal enzymes with biotechnological applications / G. M. Vingiani, P. De Luca, A. Ianora, A. D. W. Dobson // Marine Drugs. 2019. Vol. 17. No. 8. P. 459. doi: 10.3390/md17080459
6. Microbial tyrosinases: promising enzymes for pharmaceutical, food bioprocessing, and environmental industry / K. U. Zaidi, A. S. Ali, S. A. Ali, I. Naaz // Biochemistry Research International. 2014. doi: 10.1155/2014/854687
7. Microbial enzymes: industrial progress in 21st century / R. Singh, M. Kumar, A. Mittal, P. K. Mehta // 3 Biotech. 2016. Vol. 6. No. 2. P. 174. doi: 10.1007/s13205-016-0485-8

## СЕКЦИЯ 6 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

### ЭКОЛОГИЯ И ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МИКСОМИЦЕТОВ с. БАЙ-ХААК РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

*А. К. Саая*

*Тувинский государственный университет, aldynajdartaiool@gmail.com*

Представлены результаты инвентаризации миксомицетов на территории с. Бай-Хаак Республики Тыва. Выявлено 20 видов, относящихся к 12 родам, 9 семействам, 6 порядкам и 2 классам. В биоте миксомицетов лесных сообществ доминируют 2 семейства: Trichiaceae и Arcyriaceae (39% от общего числа видов). Наибольшее число (9) видов миксомицетов было выявлено в ксилобионтном субстратном комплексе. Отмечено, что наибольшей продуктивностью обладает валежная древесина лиственных пород деревьев со значениями рН 6,2–6,3.

Ключевые слова: миксомицеты, «влажные камеры», субстратный комплекс, валежная древесина.

В настоящее время миксомицеты являются наименее изученной группой споровых организмов, особенно в труднодоступных регионах. Они являются неотъемлемым и важным звеном в пищевых цепях сообществ. Слизевики изучались во всех основных биотомах Земли и были найдены от арктической тундры и границ тающего льда в горах до континентальных пустынь.

Миксомицеты – активные бактериофаги, играющие значительную роль в регуляции численности и состава бактериальной флоры почв, что непосредственно влияет на качественный состав.

Видовое разнообразие этой группы в Республике Тыва и в целом Восточной Сибири исследовано очень слабо. Основным направлением исследований миксомицетов Республики Тыва является инвентаризация видового состава. Первое изучение миксомицетов в регионе началось в 2019 г. Исследования видового состава проводились на территории Бай-Тайгинского кожууна, в заказниках Ондумский, Тапсынский, Хутинский, Сут-Хольский и в районе оз. Дус-Холь и др. [1].

Село Бай-Хаак расположено в лесостепном поясе северо-восточного макросклона хребта Восточного Танну-Ола в южной части котловины на высоте 960 м над у. м. На небольшом удалении с юго-восточной стороны (1,5–2 км) по склону начинается лиственничная тайга, а с двух сторон село окружают степные пространства вперемешку с сосново-лиственничным поймен-

ным лесом. Через село протекает небольшой ручей, который в «сухие» годы может пересыхать. Во время весеннего снеготаяния со склона через село протекают небольшие ручейки. Больших открытых водных пространств нет [2].

Основной закономерностью в распределении растительности Восточного Танну-Ола является вертикальная поясность. Каждому высотному-поясному комплексу типов леса отвечает свой диапазон высот. На высотах от 1700 до 1950 м встречаются леса горно-таежного и подтаежно-лесостепного характера. Горно-таежные леса не распространяются ниже 1700 м, а лесостепные лиственничники выше 1100–1990 м над у. м. [3].

Для изучения разнообразия миксомицетов нами был использован метод «влажных камер», который представляет собой отбор образцов субстрата для последующего выращивания на них миксомицетов.

Для исследования видового состава миксомицетов с. Бай-Хаак собраны 60 образцов с трех субстратных комплексов: эпифитный, ксилобионтный и подстилочный. Для исследования эпифитного субстратного комплекса отобраны 20 образцов с коры следующих древесных пород: *Larix sibirica* Ledeb. (лиственница сибирская), *Betula pendula* Roth (береза повислая), *Populus tremula* L. (осина обыкновенная), *Pinus sibirica* Du Tour (сосна сибирская). Для ксилобионтного комплекса – 20 образцов с валежной древесины. Для подстилочного субстрата – 20 образцов – опад смешанного типа.

В лаборатории образцы субстрата помещали в чашки Петри на фильтровальную бумагу (бумажные салфетки). На крышке чашки Петри приклеили этикетку с указанием типа субстрата и уникального номера «влажной камеры». Далее в чашки залили на 1/3 дистиллированной воды, затем крышки плотно закрыли.

Образцы субстрата инкубировали в течение 2 месяцев при комнатной температуре и рассеянном свете.

В окр. с. Бай-Хаак для постановки опытов с «влажными камерами» по выявлению биоразнообразия миксомицетов собрана кора и древесина хвойных и лиственных древесных растений. Кислотность коры измерена при помощи рН-метра «Нитрон» оснащенного контактным электродом. Измерения показали, что наиболее кислая кора и древесина у хвойных древесных растений от 3,7 до 4,3, тогда как кора и древесина лиственных пород деревьев варьирует 6,0 до 7,1.

В районе исследования наибольшее число (9) видов миксомицетов выявлено в ксилобионтном субстратном комплексе (рис.). В результате проведенных исследований отмечено, что наибольшей продуктивностью обладает валежная древесина лиственных пород деревьев, где значения рН 6,2–6,3. Данные значения кислотности являются оптимальными для широкого спектра видов миксомицетов [4–6].

Как известно, ксилобионтный комплекс в лесных сообществах всегда отличается высоким видовым разнообразием, что объясняется хорошей влагоемкостью разлагающейся древесины и достаточным количеством питательных веществ. Кроме того, ксилобионтный комплекс часто обогащается за

счет видов подстилочного комплекса, мигрирующих из подстилки на нижние части валежных стволов деревьев.

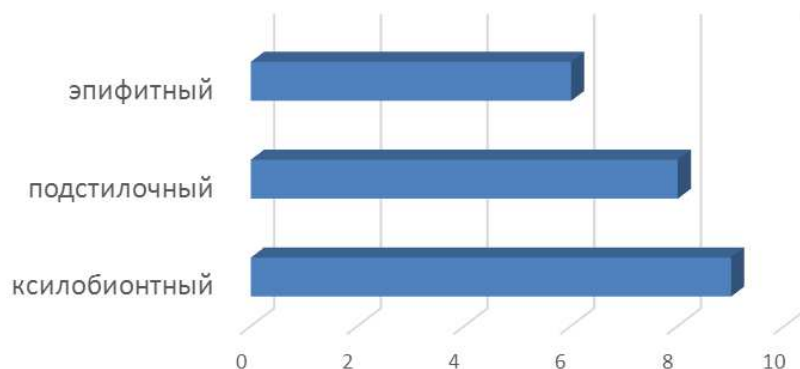


Рис. Распределение числа выявленных видов миксомицетов по субстратным комплексам

Таким образом, в результате проведенных исследований на территории с. Бай-Хаак в настоящее время известно нахождение 20 видов грибообразных протистов, относящихся к 12 родам, 9 семействам, 6 порядкам и 2 классам. Наиболее объёмные по числу выявленных видов в биоте миксомицетов лесных сообществ окр. с. Бай-Хаак 2 семейства: Trichiaceae (5 видов) и Arcyriaceae (4 вида), они включают 39% от общего числа видов. В районе исследования наибольшее число (9) видов миксомицетов выявлено в ксилобионтном субстратном комплексе. В результате проведенных исследований отмечено, что наибольшей продуктивностью обладает валежная древесина лиственных пород деревьев, со значениями рН 6,2–6,3.

#### Библиографический список

1. Власенко А. В., Анькова Т. А. Первые данные о миксомицетах Республики Тыва и дальнейшие перспективы исследований // Экосистемы Центральной Азии: исследование, сохранение, рациональное использование. Красноярск : Офсет, 2020. С. 62–64.
2. Сандакова С. Л., Куксина Д. К. Летнее население птиц поселков сельского типа центральной Тувы // Вестник КрасГАУ. 2010. № 4(43). С. 83–88.
3. Самдан А. М. Дополнение к флоре сосудистых растений кластера «Арысканныг» заповедника «Убсунурская котловина» (Республика Тыва) // Acta biologica Sibirica. 2019. № 2. С. 134–137.
4. Власенко А. В. Субстратная специализация и распространение миксомицетов рода *Didymium* в сосновых лесах юго-востока Западно-Сибирской равнины // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2017. № 4. С. 1–9.
5. Власенко А. В., Новожилов Ю. К. Субстратные комплексы миксомицетов сосновых лесов правобережной части Верхнего Приобья // Микология и фитопатология. 2012. № 2. С. 122–130.
6. Власенко А. В., Власенко В. А. Основные древесные породы как фактор дифференциации субстратных комплексов миксомицетов в сосновых лесах Верхнего Приобья // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий. Абакан : ФГБОУ ВПО Хакассский государственный университет имени Н. Ф. Катанова, 2012. С. 10.

# СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ ИВАНЧИХА МАНТУРОВСКОГО КЛАСТЕРА ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМЕНИ М. Г. СИНИЦЫНА

*Е. А. Сосновикова, А. С. Дюкова, Г. М. Худайкулыева*  
*Костромской государственный университет,*  
*annadyukova.kgu@mail.ru, kaf\_bio@ksu.edu.ru*

В статье приводятся данные исследования планктонной альгофлоры реки Иванчиха государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, проанализирован таксономический состав фитопланктонных организмов, дана количественная оценка состояния фитопланктона реки Иванчиха в осенний и летний периоды.

Ключевые слова: государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, фитопланктон, водоросли, река Иванчиха.

Благодаря широкому распространению водоросли имеют большое значение в жизни других организмов, играют важную роль в биотическом круговороте и занимают значительное место в хозяйственной деятельности человека, являются основой пищи планктонных и бентосных животных [1]. В условиях усиления антропогенного воздействия на водоемы мониторинг состояния водных объектов становится все более важной частью экологических исследований. Одним из важнейших компонентов экологического мониторинга является фитопланктон, показатели которого позволяют оценить трофический статус водоемов и уровень их сапробности. Планктонная альгофлора реки Иванчиха Мантуровского кластера на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына с момента его создания изучена недостаточно хорошо. Изучение планктонной альгофлоры позволит не только дать оценку состояния реки, но и поможет сформировать представления о том, какие виды могут быть встречены в реках Костромской области в районах с малой антропогенной нагрузкой.

Исследования проводили в осенний период 2021 г. и летний период 2022 г. Пробы отбирали с использованием планктонной сети по общепринятой методике [2, 3] в нескольких местах (точках). Выбор точек был обусловлен разными факторами: изменением характера течения реки, появлением бобровых прудов, слиянием с другими реками. Пробы исследовали как в фиксированном, так и в живом виде. Пробы обрабатывали в лаборатории с использованием микроскопа Биомед–3. Подсчет клеток водорослей осуществляли в счетной камере Горяева. Для определения биомассы использовали счетно-объемный стереометрический метод [4].



Всего за период исследований были обнаружены представители из 19 родов водорослей, относящихся к 4 отделам: Bacillariophyta, Chlorophyta, Dinophyta и Ochrophyta (рис.).

В летний период выявлено 6 родов водорослей, относящихся к 2 отделам: Bacillariophyta и Chlorophyta. Наибольшее количество найденных водорослей принадлежало к отделу Bacillariophyta. Среди диатомовых водорослей доминировали представители 2 родов: *Nitzschia* и *Pinnularia*. Среди зелёных водорослей встречен всего один род *Closterium*.

В осенний период было обнаружено 16 родов водорослей, относящихся к 4 отделам: Bacillariophyta, Chlorophyta, Dinophyta и Ochrophyta. Наибольшее количество выявленных водорослей принадлежало к отделу Chlorophyta (10 родов). В некоторых точках весь фитопланктон был представлен исключительно зелеными водорослями. Отделы Dinophyta и Ochrophyta были представлены одним родом водорослей каждый.

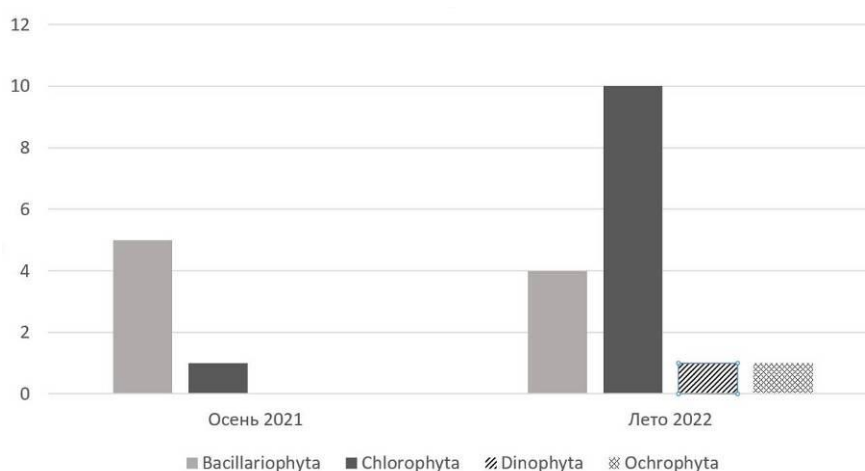


Рис. Распределение родов водорослей по отделам в периоды исследований: по оси ОУ – число родов

Также были получены показатели численности и биомассы водорослей в летний и осенний периоды.

Средняя численность фитопланктона в осенних пробах 2021 г. составляла  $1644 \pm 523,6$  кл/л и была сформирована большей частью представителями отдела Chlorophyta, численность которых составила 93% от общей (табл.). Большой вклад в численность внесли представители рода *Desmidium* – 28% от всей численности отдела Chlorophyta. Среди диатомовых водорослей наибольшей численностью в осенний период отличались представители родов *Pinnularia* и *Cocconeis*. Средняя численность фитопланктона в реке Иванчиха в летний период 2022 г. составила  $2832 \pm 829,3$  кл/л и была сформирована в основном представителями отдела Bacillariophyta, численность которых составляла более 98% от общей. Среди диатомовых водорослей основной вклад в формирование численности внесли представители рода *Nitzschia* – 75% от всей численности отдела.

**Средняя численность и биомасса водорослей  
в периоды исследований**

Отдел	Осень 2021		Лето 2022 г	
	численность (кл/л)	биомасса (мг/л)	численность (кл/л)	биомасса (мг/л)
Bacillariophyta	107,09±56,8	0,03±0,006	2777,67±803,4	0,19±0,08
Chlorophyta	1537,27±498,1	22,83±7,26	54,33± 23,6	0,01±0,003

Средняя биомасса фитопланктона в осенний период составила  $22,86 \pm 7,31$  мг/л и была сформирована в основном представителями зеленых водорослей, что связано как с их большей численностью в этот период, так и с наличием крупных нитчатых форм. Наибольший вклад в формирование биомассы внесли представители рода *Spirogyra*, биомасса которых составила 79% от общей биомассы Chlorophyta. В летний период показатели биомассы составили  $0,2 \pm 0,082$  мг/л. В этот период биомасса была сформирована в основном диатомовыми водорослями, и в первую очередь представителями рода *Nitzschia*, биомасса которых составила 82% от биомассы всего отдела Bacillariophyta.

**Библиографический список**

1. Саутр Р., Уиттик А. Основы альгологии. М. : «Мир», 1990. 597 с.
2. Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. Водоросли : справочник. Киев : Наукова думка, 1989. 604 с.
3. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона методическое руководство. М. : Изд-во «Университет и школа», 2003. 157 с.
4. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / под ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовской. М. : Наука, 1975. 239 с.

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЛИШАЙНИКОВ  
КОЛОГРИВСКОГО КЛАСТЕРА  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА  
«КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМЕНИ М. Г. СИНИЦЫНА**

*П. В. Топорова, А. С. Дюкова*  
Костромской государственный университет,  
*potop-1935@outlook.ru, annadyukova.kgu@mail.ru*

В данной статье представлены сведения о биоразнообразии лишайников на территории Кологривского кластера государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына. Описаны жизненные формы лишайников и приуроченность их к субстратам, проективное покрытие лишайников для количественного учета.

Ключевые слова: лишайник, лишенизированные грибы, биоразнообразие, ГПЗ «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, жизненная форма, проективное покрытие, показатель витальности.

Лишенизированные грибы, или «лишайники» – это занимательные для изучения и в то же время очень специфичные по своей структуре организмы. Таллом лишайника включает в себя грибную и водорослевую части, которые в связи с этими преобразованиями сформировали особые процессы жизнедеятельности: усвоение влаги из атмосферного воздуха, специфическое питание и другие; позволили им приспособиться к обитанию в разных условиях внешней среды (как в холодных областях, так и в самых жарких участках Земли) [1]. Лишайники являются весьма чувствительными организмами к атмосферному загрязнению, благодаря чему их используют при экологическом мониторинге среды.

В настоящее время информации о биоразнообразии лишенизированных грибов на территории государственного природного заповедника (ГПЗ) «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына не достаточно. Имеются публикации по исследованию отдельных родов лишайников: *Usnea*, *Evernia* и *Lobaria* [2–4], но для формирования представлений о лишенобиоте в целом этого явно недостаточно.

Разнообразие лишайников на территории Кологривского кластера ГПЗ «Кологривский лес» исследовали летом 2022 г. За это время обнаружено 28 видов лишайников, относящихся к 14 родам и 6 семействам: *Peltigeraceae*, *Lobariaceae*, *Cladoniaceae*, *Parmeliaceae*, *Physciaceae*, *Teloschistaceae* (табл.).

Таблица

**Таксономическая структура лишайников, обнаруженных в ГПЗ «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына**

Семейство	Род	Вид	Субстрат
1	2	3	4
Parmeliaceae	<i>Alectoria</i>	<i>Alectoria sarmentosa</i> (Ach.) Ach.	На ветвях елей
	<i>Bryoria</i>	<i>Bryoria capillaris</i> (Ach.) Brodo et D. Hawksw.	На ветвях елей
Cladoniaceae	<i>Cladonia</i>	<i>Cladonia arbuscula</i> (L.) Hoffm.	На дерново-подзолистой почве
		<i>Cladonia chlorophaea</i> (Flörke ex Sommerf.) Spreng.	На коре пня березы
		<i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	На коре пня березы, на комеле ели
		<i>Cladonia cornuta</i> (L.) Schaer.	На дерново-подзолистой почве
		<i>Cladonia crispate</i> (Ach.) Flot.	На дерново-подзолистой почве
		<i>Cladonia deformis</i> (L.) Hoffm.	На дерново-подзолистой почве

1	2	3	4
Cladoniaceae	<i>Cladonia</i>	<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	На коре старого пня
		<i>Cladonia furcata</i> (Huds.) Schrad.	На дерново-подзолистой почве
		<i>Cladonia gracilis</i> (L.) Willd.	На дерново-подзолистой почве
		<i>Cladonia phyllophora</i> Hoffm.	На дерново-подзолистой почве
		<i>Cladonia rangiferina</i> (L.) Web.	На дерново-подзолистой почве
		<i>Cladonia verticillata</i> (Hoffm.) Schaer.	На дерново-подзолистой почве
Parmeliaceae	<i>Evernia</i>	<i>Evernia mesomorpha</i> (Flot.) Nyl.	На ветвях елей
		<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	На ветвях елей
	<i>Hypogymnia</i>	<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	На ветвях, стволах елей, берез, лип
Lobariaceae	<i>Lobaria</i>	<i>Lobaria pulmonaria</i> (L.) Hoffm.	На коре березы
Parmeliaceae	<i>Melanohalea</i>	<i>Melanohalea olivacea</i> (L.) O. Blanco et al.	На стволе березы
	<i>Parmelia</i>	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	На стволе липы
Peltigeraceae	<i>Peltigera</i>	<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.	На поваленном бревне
Parmeliaceae	<i>Phaeophyscia</i>	<i>Phaeophyscia ciliata</i> (Hoffm.) Moberg.	На поваленном бревне
Parmeliaceae	<i>Platismatia</i>	<i>Platismatia glauca</i> (L.) W. L. Culb. et C. F. Culb.	На ветвях елей
	<i>Usnea</i>	<i>Usnea dasypoga</i> (Ach.) Rohl. emend. Mot.	На ветвях елей
		<i>Usnea hirta</i> (L.) Weber ex F. H. Wigg.	На ветвях елей
		<i>Usnea comosa</i> (Ach.) Rohl.	На ветвях елей
	<i>Cetraria</i>	<i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E. Mattsson et M. J. Lai	На ветвях елей
Teloschistaceae	<i>Xanthoria</i>	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	На поваленном бревне

Наибольшее число встреченных лишайников принадлежало к роду *Cladonia* (12), другие виды (16) представлены одним или несколькими экземплярами. *Cladonia*, как известно, обычно заселяет очень неплодородные почвы или почвы, ранее не заселенные. Это дает им преимущество в заселении больших территорий, так как почти отсутствует конкуренция с другими видами, чего нельзя сказать об эпифитных лишайниках, которые имеют меньше шансов попасть на древесный субстрат и заселить его по разным причинам. Ветви и стволы деревьев, покрытые эпифитными лишайниками, активно используются *Castor fiber* для постройки плотин и питания, из-за чего количество видов этих лишайников снижается.

Все встреченные виды лишайников относились к группе макролишайников. Кустистые формы составили 68%, листоватые 32%. Микролишайников (накипных) не обнаружено (рис. 1).

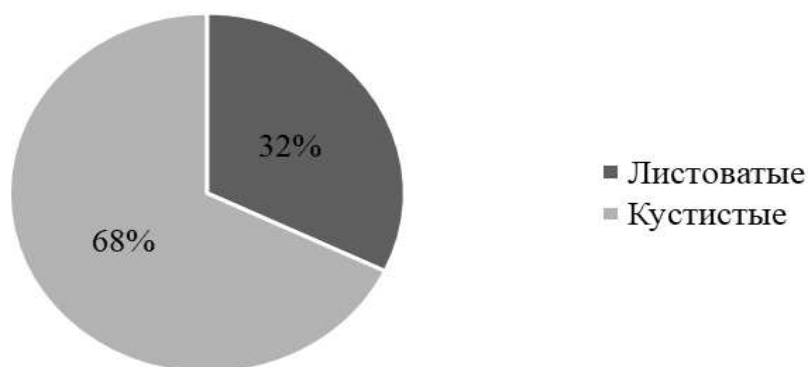


Рис. 1. Соотношение (%) основных жизненных форм лишайников на территории ГПЗ «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына

Наибольшее число встреченных видов относятся к группе эпифитных лишайников – 13, эпигейные лишайники представлены 9 видами, эпиксильные лишайники – 6 видами (рис. 2).

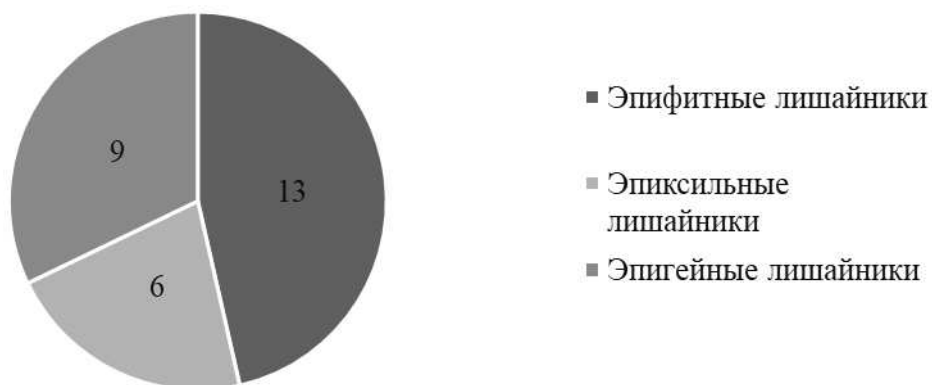


Рис. 2. Распределение лишайников (число видов) по приуроченности к различным субстратам

Процент проективного покрытия эпифитными лишайниками субстрата составлял от 61% до 98%. Максимальные значения проективного покрытия наблюдались на высотах от 0,5 до 1,6 метра с северо-западной стороны ствола. По индексу покрытия и встречаемости площадки оценены в 4 балла. По показателям витальности на территории заповедника встречены лишайники трех категорий: 1 – нормальные, 2 – слегка поврежденные и 3 – средне поврежденные. Доминируют лишайники первой категории, что свидетельствует о возможных влияниях освещенности и влажности, использовании животными талломами в качестве питания (рис. 3).

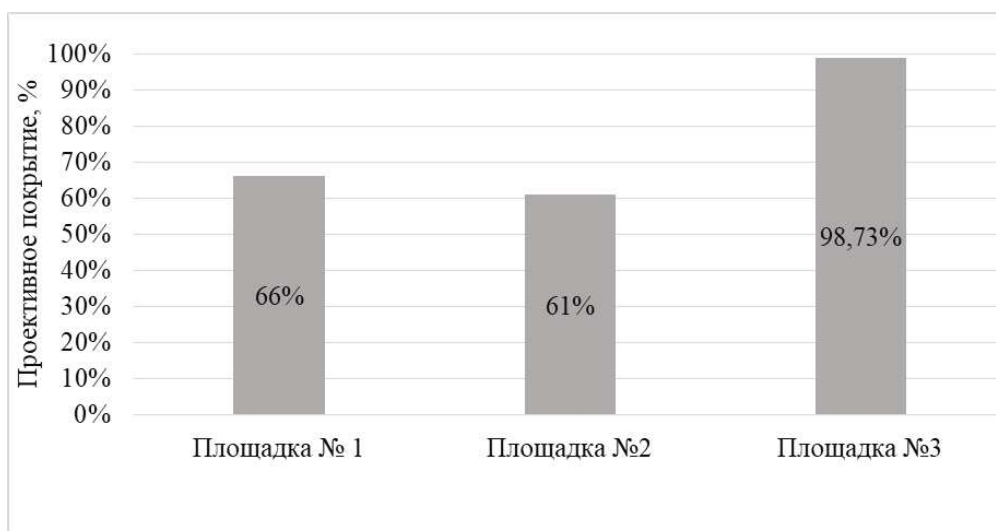


Рис. 3. Проективное покрытие (%) лишайниками субстрата

Таким образом, за период исследования на территории Кологривского кластера ГПЗ «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына обнаружено 28 видов лишайников, представленные двумя жизненными формами: листоватыми (32%) и кустистыми (68%), что является показателем старовозрастного леса. Встреченные виды относятся к эпифитным, эпиксильным и эпигейным группам. Процент проективного покрытия лишайниками субстрата составлял от 61 до 98. По показателю витальности лишайники распределены по трем категориям, среди которых преобладают объекты первой группы.

#### Библиографический список

1. Цуриков А. Г., Храмченкова О. М. Листоватые и кустистые городские лишайники: атлас-определитель. Гомель : ГГУ имени Ф. Скорины, 2009. 123 с.
2. Оценка эффективности методов сохранения редкого лишайника *Lobaria pulmonaria* при рубках леса с помощью системы моделей EFIMOD (на примере лесов Костромской области) / Н. В. Иванова, В. Н. Шанин, М. П. Шашков, И. Н. Петухов // Математическое моделирование в экологии : материалы Пятой Национальной науч. конф. с междунар. участием. Пушино : Институт Физико-Химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук, 2017. С. 95–97.
3. Кузнецова Е. С. К изучению лишайников Костромской области // Новости систематики низших растений. 2010. Т. 44. С. 200–209.
4. Урбанавичюс Г. П. Ядро заповедника «Кологривский лес» (Россия) – горячая точка биоразнообразия лишайников южной тайги в Восточной Европе // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2022. Т. 7. № 3. С. 46–63.

**ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ВИДОВОЙ СОСТАВ  
МОХООБРАЗНЫХ МАНТУРОВСКОГО КЛАСТЕРА  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА  
«КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМЕНИ М. Г. СИНИЦЫНА**

*Ю. В. Ноздрина, А. С. Дюкова*

*Костромской государственный университет,  
annadyukova.kgu@mail.ru, kaf\_bio@ksu.edu.ru*

В статье приводятся результаты исследования бриофлоры Мантуровского кластера государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына. Были определены таксономическая структура мохообразных и зависимость распределения видового состава от экологических факторов: влажности, освещенности и кислотности почв.

Ключевые слова: государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, мохообразные, бриофлора, таксономическая структура, геоботаническая площадка.

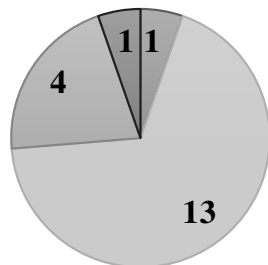
Во флорах крупных регионов  $1/4-1/5$  от общего видового разнообразия высших растений приходится на долю мохообразных [1]. Мохообразных насчитывается приблизительно 16 600 видов, они стоят на втором месте после покрытосеменных. Тем не менее, степень изученности этой группы значительно ниже, чем сосудистых растений. Роль бриофитов в формировании флоры и растительности регионов часто недооценивается, а структура бриокомпонента в пределах разных типов растительности и ландшафтов остается одним из наиболее слабо освещенных вопросов экологии [2].

В связи со своим значением в различных растительных сообществах мхи являются объектами геоботанических исследовательских работ и используются при классификации фитоценозов [3]; служат также великолепными индикаторами наличия или отсутствия различных элементов в атмосфере или субстрате [4].

Разнообразие мохообразных исследовали в летний период 2022 года на территории Мантуровского кластера государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына. За это время выявлено 19 видов (рис. 1).

Наибольшим количеством таксонов представлен класс Бриевые мхи, наименьшим – классы Политриховые мхи и Маршанциевые печеночники. Чаще среди бриевых встречались *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.) и *Dicranum scoparium* Hedw., в единственном экземпляре найдены *Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr и *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. В равной степени с *Pleurozium schreberi* встречается *Polytrichum commune* Hedw. из класса Политриховые. Класс Сфагновые мхи представлен четырьмя видами: *Sphagnum russowii* Warnst., который является довольно

редким для Костромской области; *Sphagnum fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr.; *Sphagnum angustifolium* (C. E. O. Jensen ex Russow) C. E. O. Jensen и *Sphagnum squarrosum* Crome; последний был встречен в виде нескольких дерновинок. Печеночные мхи включают один класс и вид *Marchantia polymorpha* L.



- Политриховые мхи
- Бриевые мхи
- Сфагновые мхи
- Маршанциевые печёночники

Рис. 1. Численность видов мохообразных в разных классах

Для выявления приуроченности мохообразных к фитоценозам заложены геоботанические площадки. Наибольшее количество видов встречено в сосняке-брусничнике и осиннике ландышевом – по 6 видов (рис. 2). По одному виду отмечено на прибрежно-водных площадках.

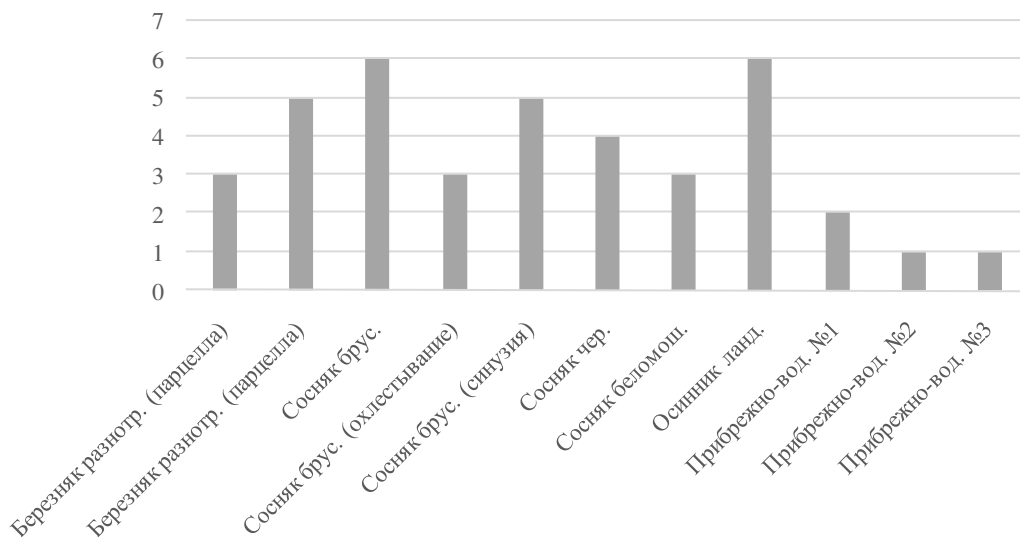


Рис. 2. Численность видов мохообразных в разных фитоценозах и местообитаниях

Распределение видов в разных фитоценозах зависит от ряда экологических факторов, среди которых первостепенное значение имеют освещение, кислотность и увлажнение почв.

Практически на всех участках отмечено умеренное увлажнение почвы, поэтому данный фактор не оказывал значительного влияния на процент проективного покрытия мхов в лесных фитоценозах. Прибрежно-водные участки



фитоценозов характеризовались избыточным увлажнением почвы, с чем может быть связано небольшое количество видов мхов на них. На площадке № 1 найден *Fontinalis antipyretica* Hedw., который является водным растением, и в единичном экземпляре *Marchantia polymorpha*. *Mnium lycopodioides* Schwägr. и *Mnium minutulum* Besch. произрастали на площадках №2 и №3.

Фактор освещённости является одним из самых главных, определяющих произрастание мохообразных. Поэтому большее количество видов встречено в тех фитоценозах, где присутствовало достаточное затенение. Это такие фитоценозы как сосняк-брусничник, осинник ландышевый и участок с синузией папоротника орляка обыкновенного.

В сосняке-брусничнике и осиннике ландышевом произрастали по 6 видов мхов. Род сфагнум в сосняке-брусничнике представлен видами *Sphagnum angustifolium* и *Sphagnum russowii*, в осиннике ландышевом встречены *Sphagnum squarrosum* и *Sphagnum fallax*. Несмотря на то, что *Sphagnum squarrosum* является индикатором богатства почв, он отмечен в очень малом количестве, его проективное покрытие составило всего 2%, в то время как у *Sphagnum fallax* процент проективного покрытия – 20. Такие виды как *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al., *Plagiothecium cavifolium* (Brid.) Z. Iwats., *Climacium dendroides* и *Rhytidiadelphus triquetrus* произрастали в единичном экземпляре.

На участке сосняка-брусничника с синузией папоротника встречены пять видов мохообразных: кроме *Pleurozium schreberi* и *Polytrichum commune*, произрастали *Dicranum scoparium*, *Hylocomium splendens* и *Sphagnum angustifolium*.

Сосняк-черничник характеризовался низкой освещенностью, в нем обитали четыре вида мхов: *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune* и *Sphagnum fallax*, каждый из них способен выдержать значительное затенение участка.

Кислотность почвы также влияет на распространение мхов. В сосняке-брусничнике (с охлестыванием сосны) и в сосняке-беломошнике почвы были кислыми. Значение рН почв составило 3–4,5. В этих фитоценозах встречено всего по три вида мохообразных.

В сосняке-беломошнике обнаружены небольшие куртинки мхов среди лишайникового покрова, здесь произрастали *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune* и *Hylocomium splendens*, именно эти виды могут выдержать высокую кислотность среды и конкуренцию с лишайниками рода *Cladonia*.

Также низкая кислотность почвы повлияла на скудность видового разнообразия мхов в сосняке-брусничнике. В нем произрастали *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune* и *Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wilson. Последний вид из них является индикатором кислых почв.

Доминирующими видами практически во всех фитоценозах были *Pleurozium schreberi* и *Polytrichum commune*, так как они характеризуются большой экологической амплитудой, поэтому могут произрастать в разнообразных условиях биотопа.

### Библиографический список

1. Писаренко О. Ю. Листостебельные мхи Салаиро-Кузнецкого региона и прилегающих равнин Западной Сибири: разнообразие и закономерности распределения: дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.01 Новосибирск, 2016. 85 с.
2. Баишева Э. З. Разнообразие мохообразных естественных экосистем: подходы к изучению и особенности охраны // Успехи современной биологии. 2007. Т. 127, № 3. С. 316–333.
3. Рубцова А. В. Руководство по изучению мохообразных: учеб. метод. пособие. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2018. 104 с.
4. Жалов Х. Х., Хайдаров Х. К., Абдуллаева Ф. Б. Мохообразные как биоиндикаторы загрязнения окружающей среды // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы IX Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Екатеринбург, 2012. № 1.2 (28). С. 100–102.

## ЭНДЕМИЧНЫЕ РАСТЕНИЯ ТАРКАПЧИГАЙСКОГО БОТАНИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАЙОНА (РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН)

*А. С. Абдураимов<sup>1</sup>, С. А. Данияров<sup>1</sup>, Д. С. Абдураимова<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> *Академический лицей при Гулистанском государственном университете*

В статье приведены сведения об эндемичных растениях, распространенных в ботанико-географическом районе Таркапчигай. Представлен полный видовой состав эндемичных растений и их статус в Красной книге. Вместе с этим также созданы карты-схемы сеток, отражающие распространение эндемичных растений.

Ключевые слова: Узбекистан, Таркапчигай, ботанико-географический район, эндемик.

По данным Глобальной оценки биоразнообразия, более 30 000 видов растений и животных сегодня находятся под угрозой исчезновения в силу различных факторов, 654 вида растений исчезли за последние 400 лет [1]. Изучение биоразнообразия, учет видового состава местной флоры, выявление и сохранение современного статуса эндемичных видов относятся к числу актуальных проблем современной ботаники [2].

Эндемизм – один из важных показателей, отражающих процесс эволюции таксонов на определенной территории [3]. Эндемичные виды являются прежде всего представителями отличия определенной флоры от других флор и могут служить для выявления длительных генетических связей между ними (в виде родства с видом или родом, проявляющимся в других флорах). Эндемичные виды каждой флоры могут по-разному распределяться в соответствующей области и, следовательно, не представляют собой единого типа распространения [4]. Разная флора отличается друг от друга разным характером эндемизма и разным уровнем развития. Эндемиков отдельных

регионов так много, что они составляют 70–80% всей флоры (например, Новая Зеландия – 70%, Мадагаскар – 80%) [5].

Таркапчигайский ботанико-географический район (ТБГР) Западно-Гиссарского округа Горносреднеазиатской провинции отличается высоким таксономическим разнообразием и эндемичностью видов. ТБГР охватывает территорию бассейна реки Таркапчигай (Элликбаш и Сакрытау) от левой стороны бассейна до перевала Толли (Гузарский и Дехканабадский районы). Этот регион представляет собой в основном холмы и предгория, состоящие из глины и гипса [6, 7].

Ранние исследования эндемизма флоры Юго-Западного Гиссара проведены Л. И. Васильевой и И. Т. Васильченко. В этих исследованиях были подробно описаны 29 семейств, 203 вида со 100 эндемичными и 60 субэндемичными видами, включая бассейны рек Юго-Западный Гиссар, Сангардак и Тупаланг. В этом регионе и сопредельных районах ботанические исследования проводили С. Н. Кудряшев [8], С. М. Мустафаев [9] и О. Т. Тургинов [10].

Наши исследования проведены на основе данных литературы, фондов уникального научного объекта – Национальный гербарий Узбекистана (TASH) – и полевых работ на территории ТБГР. Научные названия видов даны согласно международной электронной базе данных «Plants of the World online» [11]. Карты с координатой сеткой, изображающие распространение видов, созданы в программном обеспечении ArcGIS. Степень редкости эндемичных видов определена по [12].

Следует отметить, что в ТБГР целевых исследований не проводилось, хотя анализ эндемичных видов флоры является одной из важных задач.

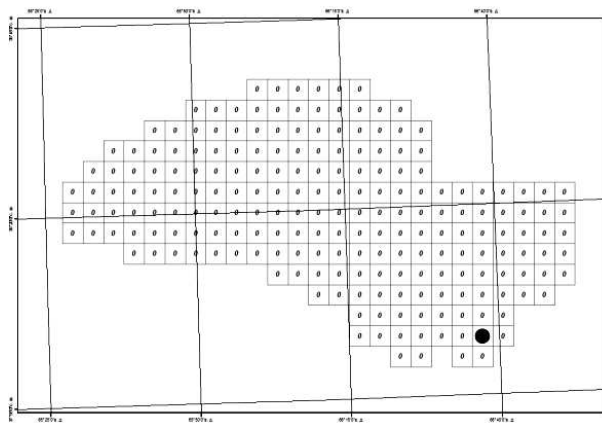
В ходе проведенных исследований установлено, что во флоре ТБГР распространены пять видов эндемичных растений (табл.), четыре из которых занесены в Красную книгу Республики Узбекистан.

Таблица

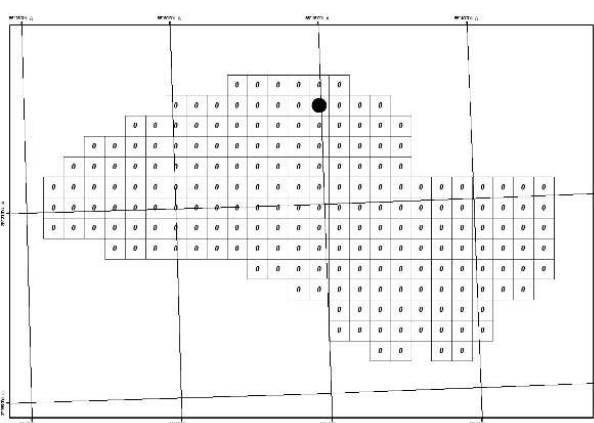
**Эндемичные растения, распространенные во флоре  
Таркапчигайского ботанико-географического района**

№	Семейство	Вид	Статус редкости [12]
1	Amaryllidaceae	<i>Allium botschantzevii</i> Kamelin	1
2	Caryophyllaceae	<i>Silene kudrjashevii</i> Schischk.	–
3	Fabaceae	<i>Eversmannia botschantzevii</i> Sarkisova	1
4	Lamiaceae	<i>Phlomis gypsacea</i> (Popov) Adylov, Kamelin & Makhm.	1
5	Liliaceae	<i>Tulipa uzbekistanica</i> Botschantz. & Sharipov	1

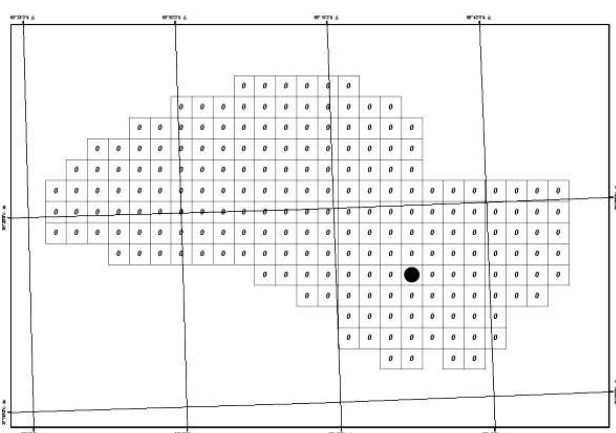
В ходе исследований были созданы современные карты ГИС, отражающие распространение изучаемых видов (рис.). Полученная информация будет использована в многолетних мониторинговых исследованиях растений и в следующих изданиях региональной Красной книги.



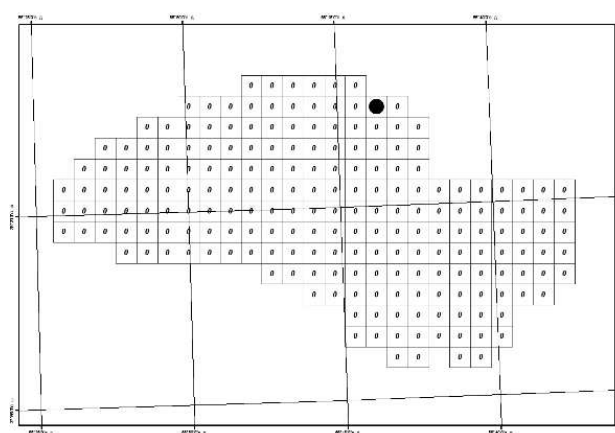
*Allium botschantzevii*



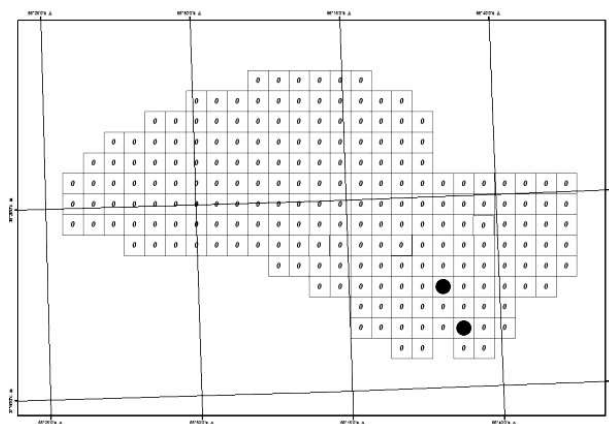
*Silene kudrjashevii*



*Eversmannia botschantzevii*



*Phlomoides gypsumica*



*Tulipa uzbekistanica*

Рис. Карты распространения выявленных эндемичных видов

### Библиографический список

1. Тожибаев К. Ш. Флора юго-западного Тянь-Шаня (в пределах Республики Узбекистан) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.05. Ташкент, 2010. 35 с.
2. Mateo G., Crespo M. B., Laguna E. Flora valentina. Flora vascular de la Comunitat Valenciana 3. (Angiospermae, III). Valencia : Fundacion de la Comunidad Valenciana para el Medio Ambiente, 2015. P. 3–8.

3. Pahlevani A. H., Schumann S. L., Akhani H. Diversity, distribution, endemism and conservation status of *Euphorbia* (Euphorbiaceae) in SW Asia and adjacent countries // Plant Systematics and Evolution. 2020. Vol. 306. No. 80. 26 p. doi: 10.1007/s00606-020-01705-4
4. Memariani F., Akhani H., Joharchi M. R. Endemic plants of the Khorassan-KopetDagh floristic province in the Irano-Turanian region: diversity, distribution patterns and conservation status // Phytotaxa. 2016. Vol. 249. P. 31–117.
5. Hadžiablahović S., Bulić Z. On distribution of some Balkan endemic and rare species in the flora of Montenegro // Glas. Republ. Zavoda. Zašt. Prirode Podgorica. 2004. Vol. 27–28. P. 43–50.
6. Абдураимов А. С. Флора Таркапчигайского ботанико-географического района : автореф. дис. ... д-ра философии (PhD) по биол. наукам : 03.00.05. Ташкент, 2021. 44 с.
7. Камелин Р. В. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Л. : Наука, 1973. 356 с.
8. Кудряшев С. Н. Растительность Гузара. Ташкент : Уз Фан, 1941. 237 с.
9. Мустафаев С. М. Растительные ресурсы бассейна реки Кашкадарья : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05. Ташкент, 1966. 31 с.
10. Botanical Geography of Uzbekistan / K. Sh. Tojibaev, N. Yu. Beshko, V. A. Popov, C. G. Jang, K. S. Chang. Korea, 2017. 250 p.
11. Plants of the World online [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.plantsoftheworldonline.org> (дата обращения: 20.02.2023)
12. The Red data Book of the Republic of Uzbekistan. Tashkent: Chinor Enk, 2019. Vol. 1. P. 4–356.

## **УНИКАЛЬНЫЕ ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ, ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ В ЗААМИНСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В НАРОДНОЙ МЕДИЦИНЕ**

*К. Б. Сакиев<sup>1</sup>, Д. Э. Туракулова<sup>2</sup>, М. Э. Саттаров<sup>3</sup>, Б. Б. Назаров<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт окружающей среды и природоохранных технологий при Министерстве природных ресурсов Республики Узбекистан*

*<sup>2</sup> Ташкентский государственный технический университет имени И. Каримова*

*<sup>3</sup> Ташкентский научно-исследовательский институт вакцин и сывороток, [m\\_sattarov@mail.ru](mailto:m_sattarov@mail.ru)*

В статье по данным литературы кратко охарактеризована флора Зааминского национального парка. Особое внимание уделено лекарственным растениям, прежде всего редким видам, имеющим лекарственное значение. В заключении отмечено, что баланс экосистемы Зааминского национального парка не изменится, если будут соблюдаться правила сбора и заготовки лекарственных ресурсов.

Ключевые слова: Республика Узбекистан, вид, семейство, флора, лекарственное сырье.

В мире особое внимание уделяется распространению, экологии и охране лекарственных, эфиромасличных и редких видов растений. Для этого проводятся различные исследования в целях изучения биоразнообразия по регионам, выявления редких видов, увеличения и охраны их запасов в природе.

В нашей республике в рамках стратегии сохранения биоразнообразия проводятся научные исследования по интеграции вопросов сохранения биоразнообразия и его рационального использования во всех отраслях экономики, при этом достигаются определенные положительные результаты [1].

Флора Узбекистана разнообразна. Согласно исследованиям, проводимым в последние годы в институте Генофонда растительного и животного мира АН РУз, на территории республики выявлено около 4 500 видов, принадлежащих к 166 семействам [2].

Уникальность флоры Зааминского национального парка неоднократно признавалась учеными. В составе флоры, по данным М. Г. Попова, много высокорослых растений Средней Азии, декоративных и плодовых деревьев, в основном горных елей, ягодных культур, а также растений с лечебными и полезными свойствами [3].

В национальном парке произрастает 1 107 видов высших растений, причем наибольшее количество видов относится к семействам сложноцветные, розоцветные, зонтичные, губоцветные, бобовые. Среди них 107 видов из 36 семейств и 80 родов являются лекарственными [4]. На территории национального парка выявлено 20 редких и исчезающих видов, 6 технических видов дикорастущих растений [5].

В настоящее время 40–45% выпускаемых лекарственных средств производится из растительного сырья. Известно, что фитопрепараты, приготовленные из сырья лекарственных растений, имеют ряд преимуществ перед препаратами, полученными искусственным (химическим) путем. Фитопрепараты мягко воздействуют на организм человека, в редких случаях возможны аллергические реакции, не вызывают кумулятивного состояния в органах.

Лекарственные растения содержат углеводороды, органические кислоты, полисахариды, крахмал, белки, жирные кислоты, эфирные масла, алкалоиды, дубильные вещества, сапонины, глюкозиды, горькие вещества, фитонциды, микроэлементы, витамины, минеральные соли и другие вещества. Благодаря общему действию этих веществ растения обладают целебными свойствами.

Лечебные свойства растений зависят от количества и качества биологически активных веществ, накопленных в их различных органах и частях (стебель, лист, цветок, семя, плод, кора, корень, корневище, корневой клубенек, луковица). Они, в свою очередь, зависят от периода роста и развития растений, их возраста, условий произрастания, экологической обстановки, растительного сообщества, времени сбора сырья, способа заготовки, сушки и хранения.

В этой связи важное значение имеет Постановление Президента Республики Узбекистан №РQ-251 от 20 мая 2022 года «О мерах по организации

выращивания и переработки лекарственных растений и их широкому использованию в лечении» для поддержки роста, а также широкого применения лекарственных растений в профилактике и лечении заболеваний [6].

Из всех видов лекарственных растений, используемых в народной медицине, произрастающих в Зааминском национальном парке, следует отметить шиповник Федченко – *Rosa fedtschenkoana* Regel, боярышник туркестанский – *Crataegus turkestanica* Pojark., барбарис продолговатый – *Berberis oblonga* Schneid, полынь обыкновенная – *Artemisia vulgaris* L., шалфей лекарственный – *Salvia officinalis* L., зверобой продырявленный – *Hypericum perforatum* L., колокольник ломоносовидный – *Codonopsis clematidea* (Schrenk ex Fisch. & C.A. Mey.) C.B. Clarke, тысячелистник таволговый – *Achillea filipendulina* Lam., тысячелистник обыкновенный – *Achillea millefolium* L., душица мелкоцветная – *Origanum tythanthum* Gontsch., термопсис очередноцветковый – *Thermopsis alterniflora* Regel & Schmalh., зизифора цветоножечная – *Ziziphora pedicellata* Pazij & Vved., девясил крупнолистный – *Inula macrophylla* Kar. & Kir.

Лекарства готовят не только из общеизвестных видов растений, но также из таких, которые редко встречаются в природе или с сокращающейся численностью. К ним относятся: хохлатка Горчакова – *Corydalis gortschakovii* Schrenk., хохлатка Северцова – *Corydalis Sewerzowii* Regel, безвременник Кессельринга – *Colchicum Kesselringii* Regel, шафран Королькова – *Crocus Korolkowia* Regel, змееголовник Комарова – *Dracocephalum Komarovii* Lipsky, остролодочник бело-синий – *Oxytropis leucocyanea* Bunge, прангос кормовой – *Prangos pabularia* Lindl, сверция молочнобелая – *Swertia lactea* Bunge, тюльпан родственный – *Tulipa affinis* Z Botsch и некоторые другие.

На территории Зааминского национального парка произрастает 11 видов растений, занесенных в Красную книгу Республики Узбекистан, из них 5 видов – это лекарственные травы: борец таласский – *Aconitum talassicum* Попов, ферула сумбул – *Ferula sumbul* (Kauffm.) Hook. f., тюльпан родственный – *Tulipa affinis*, тюльпан туркестанский – *Tulipa turkestanica* (Regel) Regel, безвременник Кессельринга – *Colchicum Kesselringii*. Несколько видов лекарственных растений национального парка уже много лет используются в народной и научной медицине. Однако количество видов лекарственных растений, которые применяются в фитотерапии, практически не установлено, поскольку они недостаточно изучены.

Из литературы известно, что основные виды лекарственных растений, произрастающих в Зааминском национальном парке (помимо эндемичных), широко используются в народной медицине стран Азии (Азербайджан, Индия, Монголия, Китай, Корея, Япония), Африки (Египет) и Восточной Европы (Беларусь, Болгария, Россия, Словакия, Украина), а также в научной медицине.

В заключение следует отметить, что Зааминский национальный парк – это место, богатое лекарственными растениями. В дикорастущей флоре Республики Узбекистан есть много видов, которые еще не выявлены и не изуче-

ны. К настоящему времени во флоре нашей республики изучено более 600 видов лекарственных растений. В дальнейшем будут выявляться новые виды, изучаться их особенности, разрабатываться перспективные пути их рационального использования.

При использовании лекарственных растительных ресурсов баланс экосистемы Зааминского национального парка не изменится, если будут соблюдаться правила их сбора и заготовки. В противном случае, в результате нерационального использования растений, существует опасность исчезновения большинства видов растений и сокращения их численности.

#### Библиографический список

1. Абдуллаева Н. С. География, экология и значение видов рода *Dracocephalum* L. в Узбекистане : автореф. дис. ... д-ра философии (PhD) по биол. наукам. Гулистан, 2020. 15 с.
2. Пратов У. П., Набиев М. М. Современная система высших растений Узбекистана. Ташкент : Изд-во «Укитувчи», 2007. 64 с.
3. Попов М. Г. Основные черты истории развития флоры Средней Азии // Бюллетень Средне-Азиатского государственного университета. 1927. 54 с.
4. Губоцветные Зааминского национального природного парка / Н. С. Абдуллаева, О. К. Ходжиматов, Н. Х. Каршибоева, З. А. Янгибаева // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал). 2017. № 1. С. 1–7.
5. Книга учета и других данных объектов флоры. Заамин, 2020.
6. Постановление Президента Республики Узбекистан от 20.05.2022 г. № ПП-251. Ташкент, 2022.

### ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *HORDEUM SPONTANEUM* К. КОСН НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

*О. С. Абдураимов, А. В. Махмудов, А. Л. Алламуротов*  
Институт ботаники Академии наук  
Республики Узбекистан, ozodbek88@bk.ru

В статье представлены данные по оценке состояния ценопопуляций (ЦП) ячменя дикого (*Hordeum spontaneum* К. Koch) на территории Республики Узбекистан. Среди семи изученных ЦП определены процветающие (ЦП-6, ЦП-7), равновесные (ЦП-1) и депрессивные (ЦП-2, ЦП-3, ЦП-4, ЦП-5). Выявлено, что 57,14% изученных ЦП находятся в депрессивном состоянии.

Ключевые слова: *Hordeum spontaneum*, виталитетная структура, Республика Узбекистан, ценопопуляция.

Изменение климата и нерациональное использование человеком растительных ресурсов приводит к деградации флоры в существующих экосистемах, исчезновению дикорастущих растений, в том числе в засушливых районах Республики Узбекистан [1].



Стремительный рост численности населения в мире приводит к увеличению спроса на сельскохозяйственную продукцию, особенно – на продукцию животноводства. Ограниченность кормовой базы скота и, в частности, дефицит кормовой базы пастбищного скотоводства требует разработки способов рационального использования существующих естественных пастбищ. Актуальными задачами животноводства являются выявление кормовых растений на естественных угодьях, широкое использование высокопитательных пород, проведение мероприятий по укреплению этой базы [2]. Учитывая изложенное, инвентаризация природных растительных ресурсов, оценка состояния ценоотических популяций диких сородичей культурных растений (ДСКР), определение показателей их рационального использования являются требованиями современности.

Во всем мире насчитывается более 8000 видов Poaceae, принадлежащих к более 500 родам, большинство из которых имеют важное хозяйственное значение как пищевые, кормовые и технические растения [3]. *Hordeum* L. – один из родов этого семейства, который насчитывает 33 вида по одним источникам [4], по другим – 45 видов и подвидов [5].

Средняя Азия является одним из центров происхождения диких сородичей рода *Hordeum*. Имеются сведения о происхождении *H. spontaneum* C. Koch, *H. bulbosum* L., *H. leporinum* Link., *H. turkestanicum* Nevsky и ряда других видов в этом районе [6]. Видовое разнообразие рода *Hordeum* в странах Средней Азии следующее: в Казахстане – 12 видов, в Таджикистане – 11, в Киргизии – 9, в Узбекистане – 8 и в Туркмении – 7. Из 8 видов, встречающихся в Узбекистане, как дикие предки культурных растений больше известны *H. spontaneum* и *H. bulbosum* [7].

По данным Д. Д. Брежнев и О. Н. Коровина [3] *H. spontaneum* является родоначальником ячменя культурного и легко вступает в спонтанные скрещивания с ним. Имеет кормовое значение, засухоустойчив. Генетическая близость этого вида к ячменю культурному подтверждается не только легкой скрещиваемостью и получением плодовых гибридов, но также сходной восприимчивостью к заболеваниям. Обращает на себя внимание повышенная устойчивость спонтанного ячменя к гельминтоспориозу, поражению которым подвержены почти все возделываемые виды и сорта *Hordeum* [3].

В связи с отсутствием информации об исследованиях состояния перспективных ДСКР, сложившимися сложными экологическими условиями, высоким антропогенным воздействием в республике, является важным изучение и оценка состояния естественных ценопопуляций ДСКР флоры Узбекистана. Целью данного исследования стала оценка современного состояния ценоотических популяций (ЦП) *H. spontaneum* на территории Республики Узбекистан.

Материал собран в 2021–2022 гг. В ходе полевых исследований определены семь ЦП с участием *H. spontaneum* в разных экологических условиях республики (рис. 1). Геоботанические описания выполнены во всех сообществах, где изучали популяционную структуру, по общепринятой методике [8].

ЦП исследовали с использованием разработок А. А. Уранова и О. В. Смирновой [9]. При идентификации видовой принадлежности растений использовали «Определитель растений Средней Азии» [10], названия видов уточнены в соответствии с современными данными [11–13].

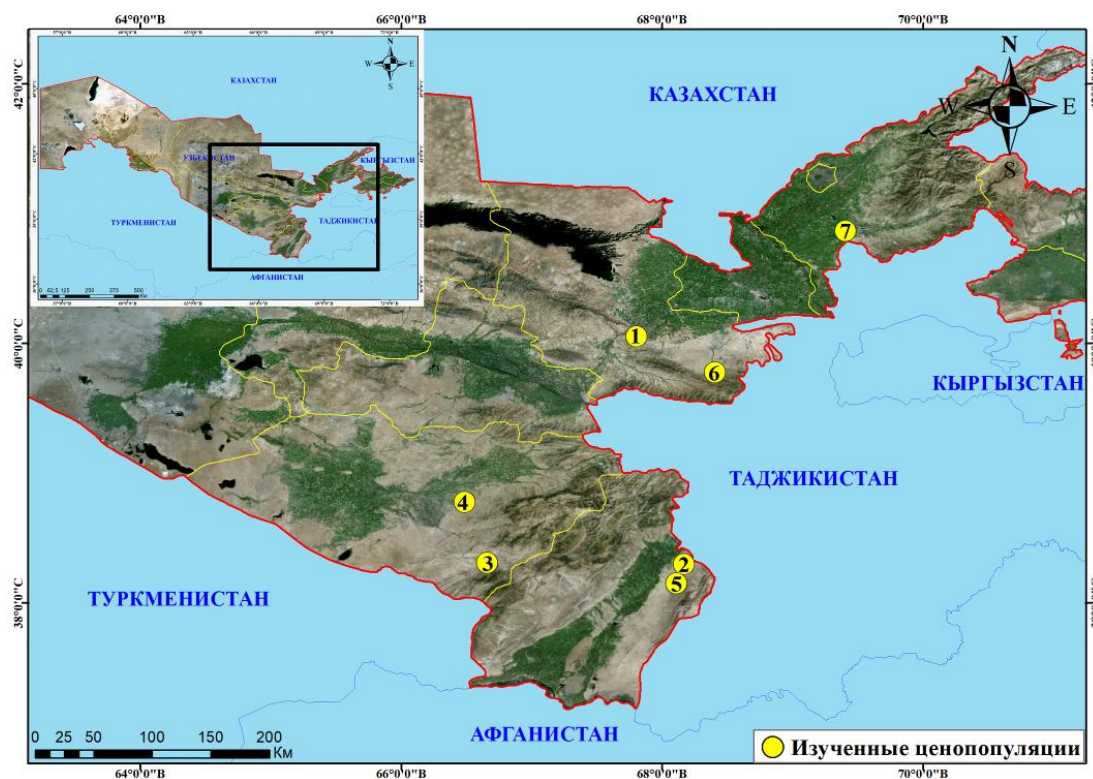


Рис. 1. Местонахождение исследованных ценопопуляций *Hordeum spontaneum*

Характеристика местообитаний ЦП приведена в таблице 1, общий вид сообществ – на рисунке 2.

Таблица 1

**Характеристика местообитаний исследованных ценопопуляций *Hordeum spontaneum***

№ ЦП	Местонахождение	Характеристика сообщества			
		координаты, высота, м над у.м.	название	проективное покрытие травостоя, %	доминирующие виды
1	2	3	4	5	6
ЦП-1	хребет Малгузарь (Джизакская область)	N40,054473°, E67,799167°, h 428	разнотравно-ячменевое	30	<i>Phlomis thapsoides</i> , <i>Alhagi pseudalhagi</i>
ЦП-2	массив Тамчи (Сурхандарьинская область)	N38,297688°, E68,162293°, h 699	разнотравно-фисташковое	20	<i>Pistacia vera</i>

1	2	3	4	5	6
ЦП-3	массив Карадахана (Кашкадарьинская область)	N38,307137°, E66,656093°, h 1098	разнотравно-мятликовое	40	<i>Poa bulbosa</i>
ЦП-4	массив Каттакуба (Кашкадарьинская область)	N38,775988°, E66,481887°, h 470	разнотравно-ячменевое	30	<i>Hordeum spontaneum</i>
ЦП-5	Бабатагский хребет (Сурхандарьинская область)	N38,150917°, E68,105879°, h 958	разнотравно-полынно-кустарниковое	65	<i>Artemisia</i> sp.
ЦП-6	массив Уриклисай (Джизакская область)	N39,685493°, E66,483517°, h 1570	разнотравно-кленовое	55–60	<i>Acer tataricum</i>
ЦП-7	массив Гултепа (Ташкентская область)	N40,868472°, E69,400203°, h 430	разнотравно-эфемеровое	90	



ЦП-1



ЦП-2



ЦП-3



ЦП-4

Рис. 2. Общий вид местообитаний исследованных ценопопуляций *Hordeum spontaneum*

В местообитаниях ЦП ведущее положение занимают многолетники: их участие колеблется от 38 до 60%. На второй позиции расположились однолетники: их доля – 26–44%. Самые низкие показатели по участию занимают деревья: до 10%. В изученных ЦП обилие *H. spontaneum* изменялось от 1 до 20% (табл. 2).

Таблица 2

**Биоморфологическая характеристика местообитаний ценопопуляций *Hordeum spontaneum***

Жизненная форма	ЦП-1	ЦП-2	ЦП-3	ЦП-4	ЦП-5	ЦП-6	ЦП-7	Доля участия, %
Дерево	0	1	0	0	0	4	0	3,62
Кустарники	0	1	0	0	1	3	1	4,35
Полукустарники	0	0	2	0	1	4	0	5,07
Многолетники	13	7	8	6	5	8	15	44,93
Двулетники	2	1	1	0	1	0	3	5,80
Однолетники	6	8	8	6	2	7	13	36,23
Общее число видов	21	18	19	12	10	26	32	
Обилие <i>Hordeum bulbosum</i> , %	+	3	+	10	5	+	20	

Виталитетная структура ЦП является одним из основных индикаторов вида. В ходе исследований при определении структуры виталитета были отобраны признаки с высоким уровнем достоверности. При этом растения оценивали по их морфологическим и биометрическим показателям на основе трех критериев: растения с высоким виталитетом (а), средним виталитетом (б) и низким виталитетом (с). В результате анализа семи ЦП *H. spontaneum* самые высокие показатели отмечены для ЦП-6 и ЦП-7. В них высота растений отмечена в пределах 116,4–144,2 см, в ЦП с самым низким значением (ЦП-2, ЦП-5) – 42,5–47,7 см. Полученные результаты по другим показателям явно отличаются друг от друга (табл. 3).

Таблица 3

**Виталитетная структура ценопопуляций *Hordeum spontaneum***

Признак	ЦП-1	ЦП-2	ЦП-3	ЦП-4	ЦП-5	ЦП-6	ЦП-7
Высота растения, см	104,0	42,5	73,4	65,0	47,7	144,2	116,4
Биомасса, г	51,0	32,0	42,1	37,3	35,1	72,3	61,7
Длина колоса, см	14,0	4,9	12,6	10,1	6,9	17,1	14,8
Длина листа, см	28,0	12,0	9,7	11,2	14,2	34,5	31,5
Ширина листа, см	0,9	0,5	0,8	0,5	0,6	1,4	1,2
Индекс виталитета (IVC)	0,81	0,32	0,70	0,57	0,38	1,57	1,32
Экоклин	6-7-1-3-4-5-2						
Индекс размерной пластичности (ISP)	1,57/0,32=4,90						
Класс виталитета	b	c	c	c	c	a	a

Результаты анализа по индексу виталитета (IVC) показывают, что значение варьирует от 0,32 до 1,57. При этом определено, что при показателе 0,32–0,73 – это депрессивные ЦП, 0,74–1,15 – равновесные ЦП, 1,16–1,57 – процветающие ЦП. Соответственно, среди изученных ЦП отмечены процветающие (ЦП-6, ЦП-7), равновесные (ЦП-1) и депрессивные (ЦП-2, ЦП-3, ЦП-4, ЦП-5). Выявлено, что 57,14% изученных ЦП находятся в депрессивном состоянии (табл. 3). Это объясняется тем, что в районах исследований наблюдается высокое антропогенное воздействие (выпас скота).

В результате анализа местообитаний и оценки структуры изученных ЦП *H. spontaneum* выявлено следующее: ведущее положение в участии растительного сообщества занимают многолетники (38–60%); ЦП-6 и ЦП-7 являются процветающими, в равновесном состоянии находится ЦП-1, и, к сожалению, 57,14% ЦП – в депрессивном состоянии (ЦП-2, ЦП-3, ЦП-4, ЦП-5). Это объясняется высоким антропогенным воздействием (выпасом скота) в районах исследований.

#### Библиографический список

1. Обзор состояния окружающей среды (Узбекистан): второй обзор. ООН, Нью-Йорк и Женева, 2010. 197 с.
2. Шомуродов Х. Ф. Кормовые растения Кызылкума и перспективы их использования : автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.05. Ташкент, 2018. 63 с.
3. Брежнев Д. Д., Коровина О. Н. Дикие сородичи культурных растений флоры СССР. Л. : Изд-во Колос, 1981. 376 с.
4. Blattner F. R. Progress in phylogenetic analysis and a new infrageneric classification of the barley genus *Hordeum* (Poaceae: Triticeae) // *Breeding Sci.* 2009. Vol. 59. P. 471–480.
5. Morrell P. L., Lundy K. E., Clegg M. T. Distinct geographic patterns of genetic diversity are maintained in wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) despite migration // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2003. Vol. 100. No. 19. P. 10812–10817.
6. Трофимовская А. Я. Ячмень (эволюция, классификация и селекция). Л. : Колос, 1972. 296 с.
7. Imirsinova A. A. Studying of reproductive biology of some tribe species Triticeae Dum. Family Poaceae Barnh. in different conditions of Uzbekistan // *International Journal of Current Research.* 2019. Vol. 11. Issue 07. P. 5782–5785.
8. Полевая геоботаника / под общ. ред. Е. М. Лавренко и А. А. Корчагина. Т. 3. М. : Наука, 1964. 230 с.
9. Уранов А. А., Смирнова О. В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // *Бюл. МОИП. Отд. Биол.* 1969. Т. 74, № 2. С. 119–134.
10. Определитель растений Средней Азии. Т. X. Ташкент: Фан, 1993. 690 с.
11. Plants of the World Online [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.plantsoftheworldonline.org/> (дата обращения: 30.01.2023).
12. The Plant List [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения: 30.01.2023).
13. International Plant Names Index [Электронный ресурс]. – URL: [www.ipni.org](http://www.ipni.org) (дата обращения: 30.01.2023).

## СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ «ПОХВИСТНЕВСКИЕ ПРИГОРОДНЫЕ ДУБРАВЫ»

С. А. Rogov, Г. А. Rednikina, Н. А. Rogova

Самарский государственный социально-педагогический университет,  
rogov.stanislav@sgspu.ru, rednikina.g@sgspu.ru, rogova.natalya@sgspu.ru

В статье представлены результаты исследования популяций редких видов растений, произрастающих на территории памятника природы регионального значения Самарской области «Похвистневские пригородные дубравы». Установлено удовлетворительное состояние популяций *Campanula latifolia*, *Chrysanthus wolgensis*, *Dictamnus gymnostylis*, неудовлетворительное – *Cephalanthera rubra*, *Platanthera bifolia*, *Pulsatilla patens*.

Ключевые слова: локус популяции, онтогенетический спектр, численность особей, редкие виды растений.

Памятник природы регионального значения Самарской области «Похвистневские пригородные дубравы» расположен в границах сельских поселений Среднее Аверкино и Малое Ибряйкино Похвистневского муниципального района Самарской области. Он состоит из двух обособленных лесных массивов. Один из них расположен в границах с. Среднее Аверкино, в 2,5 км западнее с. Нижнеаверкино, занимает территорию кварталов 87–90 Похвистневского лесничества Ятманского участкового лесничества. Второй участок расположен в границах сёл Среднее Аверкино и Малое Ибряйкино, между селом Ахрат и поселками Филипповка, Красная Нива, Чекалинка, Новоникольский и Ясная Поляна на границе с Оренбургской областью, занимает территорию кварталов 101–127 Похвистневского лесничества Ятманского участкового лесничества. Представляет собой достаточно хорошо сохранившиеся участки коренных лесов Высокого Заволжья, представленные дубово-липовыми и дубово-кленовыми группами ассоциаций.

В 2021–2022 гг. проведено обследование участков с применением различных методов биоэкологических исследований [1–4]. Интересными являются новые данные о структуре популяций редких видов растений, произрастающих на данной территории. Фиксировали численность особей редких видов растений на стационарных участках, выявляли особенности онтогенетической, пространственной и виталитетной структуры. Актуальность исследований заключается в получении оригинальных данных о популяциях лесных видов в связи с низкой степенью их изученности в Самарской области.

Целью исследований является оценка состояния памятника природы регионального значения Самарской области «Похвистневские пригородные дубравы» с использованием методов популяционной биологии и экологии.

Исследования выполнены в рамках темы НИР кафедры биологии, экологии и методики обучения Самарского государственного социально-педагогического университета под руководством доц. В. Н. Ильиной, рассматривающей в своих работах вопросы оценки природно-территориальных комплексов с использованием данных о популяционных характеристиках видов растений и эффективности памятников природы при охране редких видов в условиях антропогенной трансформации растительного покрова [5–10].

На текущий момент зарегистрированы и обследованы популяции 6 редких видов растений: *Campanula latifolia* L. – колокольчик широколистный, *Cephalanthera rubra* (L.) Rich. – пыльцеголовник красный, *Chrysocyanthus wolgensis* (DC.) Holub – желтоцвет волжский, *Dictamnus gymnostylis* Stev. – ясенец голостолбиковый, *Platanthera bifolia* (L.) Rich. – любка двулистная, *Pulsatilla patens* (L.) Mill. – прострел раскрытый.

Для *Campanula latifolia* характерна невысокая, но стабильная численность, плотность особей от 0,3 до 1,6 особей на 1 м<sup>2</sup>, онтогенетические спектры неполночленные правосторонние с максимумом на старых генеративных растениях, популяция стареющего типа, виталитетный спектр с преобладанием особей среднего уровня жизненности. Всего отмечено 3 локуса популяции с численностью 52 генеративные особи. Состояние популяции удовлетворительное. Некоторое воздействие оказывает рекреация территории.

Для *Cephalanthera rubra* также характерна невысокая, но по-видимому стабильная численность, плотность особей от 0,2 до 1,2 особей на 1 м<sup>2</sup>, онтогенетические спектры неполночленные центрированные с максимумом на зрелых генеративных растениях, популяция зрелого типа, виталитетный спектр с преобладанием особей среднего уровня жизненности. Всего отмечено 2 локуса популяции с численностью 33 генеративные особи. Состояние популяции неудовлетворительное. Некоторое воздействие оказывает рекреация территории. Часть локусов подвергалась воздействию пожаров.

Для *Chrysocyanthus wolgensis* характерна достаточно высокая стабильная численность, плотность особей от 0,5 до 2,8 особей на 1 м<sup>2</sup>, онтогенетические спектры полночленные центрированные с максимумом на зрелых генеративных растениях или полночленные двумодальные и преобладанием виргинильных и зрелых генеративных особей, популяция зрелого типа, виталитетный спектр с преобладанием особей среднего уровня жизненности. Всего отмечено 12 локусов популяции с приблизительной численностью более 1000 генеративных особей. Состояние популяции удовлетворительное. Некоторое воздействие оказывает рекреация территории.

Для *Dictamnus gymnostylis* характерна невысокая стабильная численность, плотность особей от 0,5 до 3,3 особей на 1 м<sup>2</sup>, онтогенетические спектры полночленные центрированные с максимумом на зрелых генеративных растениях, популяция зрелого типа, виталитетный спектр с преобладанием особей среднего уровня жизненности. Всего отмечено 4 локуса популяции с приблизительной численностью около 120 генеративных особей. Состояние

популяции удовлетворительное. Некоторое воздействие оказывает рекреация территории.

У *Plathantha bifolia* отмечена низкая нестабильная численность, плотность особей от 0,1 до 0,3 особей на 1 м<sup>2</sup>, онтогенетические спектры неполночленные центрированные с максимумом на зрелых генеративных растениях, популяция зрелого типа, виталитетный спектр с преобладанием особей среднего уровня жизненности. Всего отмечено 2 локуса популяции с приблизительной численностью около 12 генеративных особей. Состояние популяции неудовлетворительное. Некоторое воздействие оказывает рекреация территории, лесные пожары и рубка древостоя.

Для *Pulsatilla patens* характерна невысокая нестабильная численность, плотность особей от 0,4 до 1,3 особей на 1 м<sup>2</sup>, онтогенетические спектры неполночленные центрированные с максимумом на зрелых генеративных растениях, популяция зрелого типа, виталитетный спектр с преобладанием особей среднего уровня жизненности. Всего отмечено 6 локусов популяции с приблизительной численностью около 70 генеративных особей. Состояние популяции неудовлетворительное. В известных местах населением проводится сбор цветущих побегов на букеты.

Исследования показывают, что состояние популяций большинства редких видов на территории памятника природы регионального значения Самарской области «Похвистневские пригородные дубравы» можно считать удовлетворительным. Антропогенная нагрузка и особенности биологии обуславливают низкую численность таких видов, как *Cephalanthera rubra*, *Plathantha bifolia*, *Pulsatilla patens*. Мониторинг популяций редких видов необходимо продолжить для определения тенденций их развития.

#### Библиографический список

1. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола : ЛАНАР, 1995. 224 с.
2. Глотов Н. В. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Ч. 1. Йошкар-Ола : МарГУ, 1998. С. 146–149.
3. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.
4. Османова Г. О., Животовский Л. А. Онтогенетический спектр как индикатор состояния ценопопуляций растений // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 2. С. 144–152.
5. Ильина В. Н. К оценке эффективности охраны *Astragalus macropus* Bunge (Fabaceae) в Самарской области с использованием данных популяционной структуры // Научные труды Национального парка «Хвалынский» : сб. научных статей. Саратов–Хвалынский : Амирит, 2020. Вып. 12. С. 82–83.
6. Ильина В. Н. Эффективность памятников природы регионального значения Самарской области при сохранении редкого вида флоры полыни солянковидной // Территориальная охрана природы Северной Евразии: от теории к практике : Международный симпозиум (Восьмая Международная науч.-практ. конф. «Географические основы формирования экологических сетей в Северной Евразии»). Апатиты, Мурманская область, 14–19 сентября 2020 г. : материалы симпозиума. Апатиты, 2020. С. 43–45.



7. Ильина В. Н. К оценке эффективности охраны *Astragalus macropus* Bunge (Fabaceae) в Самарской области с использованием данных популяционной структуры // Научные труды Национального парка «Хвалынский»: сб. науч. статей. Саратов–Хвалынский: Амирит, 2020. Вып. 12. С. 82–83.

8. Ильина В. Н. К оценке экологического состояния природно-территориальных комплексов популяционно-онтогенетическими методами (Самарская область) // Роль нефтегазового сектора в технико-экономическом развитии Оренбуржья: материалы науч.-практ. конф., посвященной 2021 году – году науки и технологии. Труды РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина Оренбургский филиал. Саратов, 2021. С. 221–224.

9. Ильина В. Н. Эффективность охраны популяций *Astragalus cornutus* Pall. на особо охраняемых природных территориях регионального значения Самарской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2021. Т. 30, № 2. С. 53–58. doi: 10.24412/2073-1035-2021-10390

10. Ильина В. Н. Эффективность охраны *Oxytropis floribunda* (Pall.) DC. на территории памятников природы регионального значения Самарской области // Актуальные проблемы зоологии России и сопредельных территорий: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной памяти проф. В. В. Золотухина. Ульяновск: Мастер-Студия, 2022. С. 308–311.

## НОВЫЕ НАХОДКИ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Ю. О. Бушуева, Ю. В. Гудовских, А. В. Ярославцев, Е. А. Лугинина,  
А. В. Кислицына*

*ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства  
имени профессора Б. М. Житкова, etl@inbox.ru*

В статье приведены данные о новых находках редких и охраняемых видов сем. Orchidaceae Juss. на территории Кировской области. Флористико-геоботаническое обследование районов проводили в течение двух лет. Представлены данные по шести редким и охраняемым видам, новые местообитания которых отмечены, преимущественно, в Слободском районе и окрестностях г. Кирова на антропогенно преобразованных местообитаниях. Данные находки дополняют сведения о распространении видов Orchidaceae Juss. в Кировской области.

Ключевые слова: флористические находки, редкий вид, Красная книга, Кировская область, Orchidaceae Juss.

Представители сем. Орхидные (Orchidaceae Juss.) являются неотъемлемым компонентом лесным экосистем, большинство видов занесено в Красные книги государственного и регионального значения и охраняются на заповедных территориях. В Кировской области сведения о местообитаниях орхидных отрывочны и поэтому нуждаются в дальнейших мониторинговых исследованиях.

Местообитания изучаемых видов исследовали маршрутным методом в полевые сезоны 2021–2022 гг. в окрестностях г. Кирова и Слободском районе

Кировской области (подзона южной тайги). Растительные сообщества описаны с использованием общепринятых геоботанических методов [1]. Данная работа является продолжением многолетних исследований местообитаний редких видов сем. Orchidaceae Juss. в Кировской области [2–4].

По итогам работы обнаружены новые местообитания шести видов – *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *E. atrorubens* (Hoffm.) Besser, *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó, *D. incarnata* (L.) Soó, *D. fuchsii* (Druce) Soó, *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. Два вида – *D. maculata* и *D. incarnata* – входят в Красную Книгу Кировской области [5]. Ниже приведена краткая характеристика обнаруженных местообитаний этих видов.

***Dactylorhiza maculata*** (пальчатокоренник пятнистый) включен в Европейский список редких и уязвимых сосудистых растений (LC категория), в Приложение II к Конвенции CITES [6, 7], Красные книги 25 регионов РФ, охраняется на территории 26 заповедников и национальных парков [8]. *D. maculata* включен в Красную книгу Кировской области (III категория редкости) [5]. В регионе местообитания *D. maculata* приурочены к переходным болотам и сфагновым ельникам.

Вид отмечался ежегодно на выкашиваемом антропогенно-преобразованном осоково-злаковом низинном лугу с примесью разнотравья (парковая зона г. Слободского). В травяно-кустарничковом ярусе (ТКЯ) преобладали *Lysimachia nummularia* L., *Dactylis glomerata* L., *Poa nemoralis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Lam., *Aegopodium podagraria* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Convolvulus arvensis* L.

***Dactylorhiza incarnata*** – пальчатокоренник мясо-красный (рис. 1) занесен в Красные Книги 30 регионов РФ. Охраняется на территории 36 заповедников. *D. incarnata* – лугово-болотный вид, встречается преимущественно на сырых участках, по берегам водоемов [8]. В Кировской области местообитания *D. incarnata* приурочены к низинным и ключевым болотам, заболоченным лугам, придорожным канавам [9].

Все четыре новых местонахождения отмечены в антропогенно-преобразованных сообществах городской черты г. Слободского и его окрестностях. Первое местонахождение – ежегодно выкашиваемый осоково-злаковый низинный луг с примесью разнотравья (парковая зона г. Слободского). В ТКЯ преобладали *Lysimachia nummularia*, *Dactylis glomerata*, *Poa nemoralis*, *Melilotus officinalis*, *Aegopodium podagraria*, *Stellaria media*, *Convolvulus arvensis*. Второе местонахождение – разнотравно-ежовый суходольный луг, формирующийся на бывшей промышленной территории г. Слободского. В ТКЯ доминировали *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis* Huds., *Sonchus arvensis* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Stellaria media*, *Vicia cracca* L.



Рис. 1. *Dactylorhiza incarnata* на ежегодно выкашиваемом осоково-злаковом низинном лугу с примесью разнотравья (парковая зона г. Слободского)

Третье местонахождение – разнотравно-злаковый суходольный луг, сформировавшийся на бывшей промплощадке (окраина парковой зоны г. Слободского). Наибольший процент обилия отмечен для *Phleum pratense* L., *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis* L., *Aegopodium podagraria*, *Epilobium angustifolium* L., *Potentilla anserina* L.

Четвертое местонахождение – ивняк хвощово-разнотравный на техногенном грунте у насыпи железной дороги (д. Воробьи, Слободской р-н, на месте временного водотока). ТКЯ представлен *Equisetum fluviatile* L., *Convolvulus arvensis* L., *Alchemilla vulgaris* L.

***Gymnadenia conopsea*** – кокушник длиннорогий (рис. 2) внесен в Красные книги 40 регионов России [8], входит в Красную книгу Кировской области (III категория редкости) [5]. В регионе встречается на влажных полянах и опушках в хвойных и смешанных лесах, на заболоченных лугах и в зарослях кустарников [9].

Первое местонахождение – разнотравно-злаковый суходольный луг, сформировавшийся на техногенном грунте у насыпи железной дороги. Окрестности г. Слободского, берег отработанного известкового карьера. Доминантами в ТКЯ выступали *Dactylis glomerata*, *Centaurea jacea* L., *Alchemilla vulgaris*, *Aegopodium podagraria*, *Phleum pratense*.



Рис. 2. *Gymnadenia conopsea* в сосняке молодом разнотравном (Слободской р-н, д. Бакули)

Второе местонахождение – сосняк молодой мертвопокровно-разнотравный (Слободской р-н, д. Чирки, возле отработанных известковых карьеров). ТКЯ представлен *Pimpinella saxifraga* L., *Fragaria vesca* L.

Третье местонахождение – сосняк молодой разнотравный. Слободской р-н, д. Бакули, возле отработанных известковых карьеров. Доминантные виды ТКЯ – *Vicia sepium* L., *Fragaria vesca*, *Pimpinella saxifraga*.

Четвертое местонахождение – осинник разнотравно-мертвопокровный с примесью ивы (окрестности г. Кирова, склоны искусственной насыпи медеотвала завода ОЦМ (поля после рекультивации). В окружении – очистные сооружения. В ТКЯ преобладали представители семейства Rosaceae Barnhart, *Tussilago farfara* L., *Equisetum fluviatile*, *Lathyrus pratensis* L. и др.

***Epipactis helleborine*** (дремлик широколистный) – наиболее часто встречаемый вид рода *Epipactis*. В Кировской области его местообитания приурочены, по полученным нами данным и литературным источникам, к береговым склонам, сухим еловым, смешанным и мелколиственным лесам, опушкам и полянам.

Отмечены три новые точки. Первое местонахождение – разнотравно-злаковый суходольный луг, сформировавшийся на техногенном грунте у насыпи железной дороги. (г. Слободской, берег отработанного карьера). В ТКЯ преобладали *Dactylis glomerata*, *Centaurea jacea*, *Alchemilla vulgaris*, *Aegopodium podagraria*, *Phleum pratense*.

Второе местонахождение – осинник разнотравно-мертвопокровный с примесью ивы (окрестности г. Кирова, вершина искусственной насыпи медеотвала завода ОЦМ (поля после рекультивации). В окружении – очистные сооружения. В ТКЯ преобладали представители семейства Rosaceae Barnhart, *Tussilago farfara*, *Equisetum fluviatile*, *Lathyrus pratensis* и др.

Третье местонахождение – осиново-сосновый ивняк средневозрастной (полигон ТБО, д. Осинцы), в ТКЯ доминировали *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Fragaria vesca*, *Alchemilla vulgaris*.

***Epipactis atrorubens*** (дремлик темно-красный) имеет евроазиатский ареал. В Кировской области, по мнению Е. М. Тарасовой [9], местообитания *E. atrorubens* приурочены к береговым склонам, сухим хвойно-широколиственным и широколиственным лесам, опушкам и полянам.

Все четыре местонахождения зафиксированы в окрестностях г. Слободского. Первое местонахождение – сосняк молодой разнотравный (д. Чирки, возле отработанных известковых карьеров). Доминантные виды – *Vicia sepium*, *Fragaria vesca*, *Pimpinella saxifraga*.

Второе местонахождение – сосняк молодой мертвопокровно-разнотравный. (д. Чирки, возле отработанных известковых карьеров). ТКЯ представлен *Pimpinella saxifraga*, *Fragaria vesca*.

Третье местонахождение – сосняк молодой разнотравный (д. Чирки, отработанный известковый карьер). В ТКЯ доминировали *Vicia sepium*, *Fragaria vesca*, *Pimpinella saxifraga*.

Четвертое местонахождение – осиново-сосновый ивняк средневозрастной (полигон ТБО, д. Осинцы). В ТКЯ преобладали *Anthriscus sylvestris*, *Fragaria vesca*, *Alchemilla vulgaris*.

*Dactylorhiza fuchsii* (пальчатокоренник Фукса) занесен в Красные книги 30 регионов РФ. Это лугово-лесной вид, предпочитает участки с разреженным древостоем. Относительно устойчив к антропогенному воздействию, выдерживает слабые рекреационные нагрузки [8]. В Кировской области местобитания *D. fuchsii* приурочены к низинным и ключевым болотам, заболоченным лугам, придорожным канавам. В условиях среднетаежной подзоны Кировской области ценопопуляции *D. fuchsii* приурочены к бореальным хвойным лесам, мезофильным и мезоксерофильным широколиственным лесам, и к вторичным послелесным лугам [2].

Новое местонахождение вида отмечено на разнотравно-злаковом суходольном лугу, сформировавшемся на бывшей промплощадке (окраина парковой зоны г. Слободского). Доминантами ТКЯ выступали *Phleum pratense*, *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*, *Aegopodium podagraria*, *Epilobium angustifolium*, *Potentilla anserina*. Второе местонахождение – сосняк беломошно-брусничный (массив у д. Кассины, Слободской р-н), в подлеске отмечены *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woł.) Klásk. и *Juniperus communis* L.

Выявлены новые местонахождения шести видов сем. Orchidaceae Juss., произрастающих, преимущественно, в Слободском районе и окрестностях г. Кирова.

#### Библиографический список

1. Методы изучения лесных сообществ / Е. Н. Андреева, И. Ю. Баккал, В. В. Горшков, И. В. Лянгузова, Е. А. Мазная, В. Ю. Нешатаев, В. Ю. Нешатаева, Н. И. Ставрова, В. Т. Ярмишко, М. А. Ярмишко. СПб. : НИИХимии, 2002. 240 с.
2. Косолапова Н. В., Егошина Т. Л., Лугинина Е. А. Особенности произрастания *Dactylorhiza fuchsii* (Orchidaceae) на территории заказника «Былина» (Кировская область) // Ботанический журнал. 2020. Т. 105, № 3. С. 73–85. doi: 10.31857/S0006813620030059
3. To the Characteristic of cenopopulations *Dactylorhiza fuchsii* (druce) Soo of the middle and southern taiga / N. V. Kosolapova, Y. V. Gudovskikh, T. L. Egoshina, A. V. Kislitsyna, E. A. Luginina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. «2nd All-Russian Conference with International Participation «Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants». 2021. С. 012025. doi:10.1088/1755-1315/901/1/012025
4. Ecological and biological aspects of *Dactylorhiza maculata* (L.) Soo coenopopulations in northern taiga conditions / Yu. O. Bushueva, Yu. V. Gudovskikh, T. L. Egoshina, E. A. Luginina, A. V. Yaroslavtsev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Dushanbe. 2022. С. 012120. doi:10.1088/1755-1315/1010/1/012120
5. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Киров : Кировская областная типография, 2014. 433 с.
6. European Red List of Vascular Plants / M. Bilz, S. P. Kell, N. Maxted, R. V. Lansdown. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2011. 130 p.
7. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Appendices I, II and III valid from 12 June 2013. International Environment House. Switzerland, Geneva, 45 [Electronic resource]. – URL: <http://cites.org/eng/disc/text.php> (дата обращения: 15.03.2023).

8. Вахрамеева М. Г., Варлыгина Т. И., Татаренко И. В. Орхидные России (биология, экология и охрана). М. : Тов-во науч. изд-во КМК, 2014. 475 с.

9. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. Киров : ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.

## **ЦИЦАНИЯ ШИРОКОЛИСТАЯ: ИСТОРИЯ ИНТРОДУКЦИИ В ЗАВОЛЖЬЕ, ФЕНОЛОГИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

*А. А. Костылева, В. В. Соловьева*

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

В статье дается история интродукции и итоги акклиматизации цицании широколистной в волжских водоемах. Результаты многолетних наблюдений подтверждают активность вегетативного размножения цицании и высокую конкурентную способность ее по сравнению с другими местными прибрежно-водными растениями, например, с рогозом узколистным.

Ключевые слова: цицания широколистная, интродукция, акклиматизация, водоем, фенология.

Территория Самарской области богата многочисленными искусственными водоемами. По данным водохозяйственной корпорации «Россельхозводстрой» только в пределах региона имеется более 60 тысяч гектаров мелководий, пригодных для выращивания такой ценной кормовой культуры как цицания широколистная (*Zizania latifolia* Turcz). Этот дальневосточный вид завезен в европейскую часть России в 1934 г.

Цицания широколистная – многолетнее корневищное растение, достигающее средней высоты 245 см, максимальной – до 325 см. В благоприятных условиях она в течение нескольких лет образует сплошные густые заросли из побегов с толстыми стеблями, внешне напоминающих кукурузные (рис.). Это типичный гелофит, прикрепляющийся к грунту на дне водоема с помощью сильно развитых ползучих корневищ с придаточными корнями. Корневища достигают длины 1,2–1,5 м (иногда 3,5–4,2 м) и 1,5–2,9 см в диаметре. Они образуются в узлах кущения основных побегов и располагаются почти параллельно поверхности почвы на глубине от 14 до 35 см.

Работа по интродукции и акклиматизации цицании широколистной в условиях Среднего Поволжья началась в 1957 г. по берегам крупных водохранилищ. Этот вид интродуцирован с целью повышения продуктивности и хозяйственной ценности мелководий водоемов. *Z. latifolia* обладает более высокими кормовыми достоинствами и большей продуктивностью по сравнению с другими видами прибрежно-водных растений и может успешно конкурировать с видами местной флоры. Цицания широколистная является пер-

спективным растением в данном аспекте еще и потому, что не содержит кремнезема, являясь сочным калорийным кормовым растением [1, 2].



Рис. Заросли *Zizania latifolia* в заливах Саратовского водохранилища (23.08.2022)

В отношении целесообразности работ по интродукции *Z. latifolia* существует два противоположных мнения. Одни считают ее неоправданной в связи с нарушением биологического своеобразия растительного покрова. Другие видят целесообразность, основываясь на том, что в условиях деградации естественных экосистем при гидростроительстве ценозы интродуцентов выполняют фитомелиоративную, средообразующую, ресурсную и другие экологические функции.

На территории Самарской области цицания широколистная была впервые высажена работниками Облводхоза в 1957 году. Посадка проводилась по берегам Саратовского водохранилища черенками, привезенными с Карповского водохранилища (Волгоградская область). В 1958 г. на мелководьях Сусканского залива высадили 2,5 т, а в 1959 г. – дополнительно еще 2 т корневищ. Уже в 1962 г. *Z. latifolia* произрастала на указанном участке сплошным густым травостоем, занимая массив шириной 45 м и длиной 1 500 м.

Весной 1959 года черенки цицании были высажены также вдоль берегов Черновского, Агросовского и Тепловского водохранилищ и на речке Черной близ с. Черноречье. Кроме того, черенки *Z. latifolia* были посажены на пруду Агробиостанции педуниверситета и на Нижнем пруду Ботанического сада. На этих водоемах цицания прижилась хорошо. Заросли из нее, расположенные в Ботаническом саду, находятся в хорошем состоянии, и за ними проводятся систематические наблюдения.

Результаты многолетних наблюдений подтверждают активность вегетативного размножения цицании широколистной и высокую конкурентную способность ее по сравнению с рогозом узколистным. Как показали наши исследования, наибольшая энергия формирования новых корневищ характерна для *Z. latifolia* лишь в первые годы существования посадок. В дальнейшем

отмечается определенная тенденция к стабилизации площади насаждений. Так, например, обследования состояния зарослей цицании широколистной в Самарском ботаническом саду в 1995 и 2022 гг. показали, что площадь их осталась неизменной.

Продуктивность зеленой массы *Z. latifolia* в среднем равна 576 ц/га. В составе зарослей данного вида весьма редко встречаются ядовитые виды растений, поскольку цицания формирует сообщества монодоминантного типа. По поедаемости животными и по питательности зеленая масса и сено из *Z. latifolia* не только не уступают другим злакам, но по ряду показателей даже превышают сравниваемые виды (табл. 1).

Таблица 1

**Химический состав сена (в %) из цицании широколистной и других кормовых злаков [3]**

Название растения	Вода	Протеин	Жир	Клетчатка	Углеводы	Зола
Цицания широколистная	8,48	9,49	1,7	20,79	47,63	10,3
Костер безостый	14,0	8,2	2,3	25,9	42,8	6,8
Пырей ползучий	7,5	7,7	3,4	31,5	42,5	7,4
Житняк гребневидный	12	8,8	2,6	27,6	42,9	6,1

Цифровые значения таблицы 2 показывают, что по содержанию протеина, жира, углеводов и золы сено из цицании широколистной значительно превосходит луговое и овсяную солому. Более того, все перечисленные показатели достаточно высоки при первичном и вторичном укосах.

Таблица 2

**Химический состав сена (в %) из цицании широколистной, убранного в различные сроки, в сравнении с другими кормами [3]**

Корм	Вода	Протеин	Жир	Клетчатка	Углеводы	Зола
Сено из цицании широколистной (укос 15 мая)	13,54	14,75	1,7	20,4	35,96	13,6
Сено из цицании широколистной (укос 10 сентября)	13,86	10,74	1,32	38,09	23,58	12,4
Солома овсяная	15,0	4,0	1,9	34,3	39,0	5,8
Сено луговое	15,0	8,4	2,6	25,5	42,1	6,4

В сезонной жизни *Z. latifolia* в условиях Самарской области можно выделить следующие пять фаз: предвесеннюю, фенологической весны, фенологического лета, фенологической осени и зимнюю. Конкретные даты в индивидуальном развитии растения приведены по материалам наблюдений 2022 г. на Нижнем пруду Самарского ботанического сада.

Предвесенняя фаза (17 апреля – 10 мая). Разрушение ледяного покрова на водоеме весной 2022 г. было приурочено к 19 апреля. Температура поверхностных слоев у берега достигала +5 °С. Под водой находились отмершие листья и стебли, некоторые из них возвышались над водной поверхностью. Почти одновременно с исчезновением последнего льда появились отдельные экземпляры ряски малой. Предвесенняя стадия сравнительно непро-



должительная и заканчивается с началом активного развития цицании широколистной.

Фаза фенологической весны (первая декада мая – вторая декада июля). В начале фазы над поверхностью воды из зимующих узлов кущения надземных побегов и почек на корневищах начинают развиваться многочисленные листья *Z. latifolia*. Они имеют вид своеобразной «щетки» ярко-зеленого цвета. В начале и середине фазы аспект еще буро-серый от отмерших прошлогодних листьев и стеблей. В 2022 г. первые листья цицании появились над водной поверхностью 5–7 мая. Между ними на поверхности воды плавали отдельные экземпляры ряски малой. Находящиеся на дне стебли роголистника темно-зеленого начали активно разрастаться. К концу фазы высота побегов *Z. latifolia* достигала 200 см и более. С появлением первых соцветий завершается фаза фенологической весны.

Фаза фенологического лета (15 июля – 20 сентября). Фаза совпадает с наиболее пышным развитием растений. Аспект ярко-зеленый. Проективное покрытие цицании достигает 80–100%. Средняя высота побегов растений – 245 см. Над зарослью поднимаются отдельные соцветия – метелки, длина которых может достигать 60 см и более. Первыми зацветают растения, встречающиеся в наиболее глубокой части водоема, позднее – на мелководье. Из-за сильного затенения внутри заросли наблюдается массовое пожелтение и отмирание нижних листьев. Появление первых соцветий отмечено 20 июля. Ряска малая и роголистник темно-зеленый образуют ярусы из растений, погруженных в ее толщу.

Фаза фенологической осени (третья декада сентября – октябрь). Характеризуется массовым пожелтением и отмиранием листьев. Аспект желто-зеленый. В середине и конце фазы большинство побегов цицании полегает на поверхность воды, однако, некоторые экземпляры еще продолжают цвести до начала сильных ночных заморозков.

Зимняя фаза (ноябрь – вторая декада апреля). Водоем покрыт льдом. Над его поверхностью возвышаются отдельные засохшие листья и стебли буро-желтого цвета. На дне масса мертвых стеблей и листьев *Z. latifolia*. Здесь же зимуют узлы кущения и погруженные в ил корневища. Среди них многочисленные живые фронды ряски малой, многокоренника обыкновенного, стебли роголистника темно-зеленого. Фаза заканчивается с наступлением тепла, разрушением ледяного покрова и началом вегетации растений.

В целом, развитие цицании широколистной сильно запаздывает по сравнению с развитием растительности на суше. Это, в первую очередь, объясняется тем, что воздух в весенний период прогревается значительно быстрее, чем водная толща водоема, с которой связана вся жизнь этого растения.

#### **Библиографический список**

1. Матвеев В. И., Соловьева В. В. Опыт интродукции цицании широколистной на мелководьях средневожских водоемов // Новые идеи растениеводства : материалы конф. молодых ученых и аспирантов. М. : Изд-во ВАСХНИЛ, 1991. С. 54–55.

2. Матвеев В. И., Соловьева В. В. Цицания – дикий рис: экология, биология, практическое значение. Самара : Изд-во СамГПУ, 1997. 96 с.

3. Копылова А. А. Опыт культуры дальневосточного риса // Природа. 1954. № 11. С. 101–103.

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РОДА *CISTANCHE* HOFFMANNS. & LINK (УЗБЕКИСТАН)

С. А. Муродов<sup>1</sup>, О. К. Хожиматов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Бухарский государственный университет, *sirojiddin\_sma@mail.ru*

<sup>2</sup> Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан,  
*olimchik@mail.ru*

В статье описаны биологические особенности и практическая значимость представителей рода *Cistanche* Hoffmanns. & Link, произрастающих в Узбекистане. Объектами исследования являются *Cistanche flava* (С. А. Мей.) Korsh., *C. mongolica* Beck, *C. salsa* (С. А. Мей.) Beck, *C. ambigua* (Bunge) Beck, распространенные в Бухарской области. Эти виды уже много лет используются как лекарственные средства.

Ключевые слова: вид, морфология, лекарственное средство, растение-паразит, Orobanchaceae.

В настоящее время большое внимание уделяется изучению биологически активных веществ, извлекаемых из лекарственных растений. Именно лекарственное растительное и животное сырье в современной медицине рассматривается как наиболее перспективный источник легкоусвояемых форм макро- и микроэлементов, витаминов, аминокислот и других групп биологически активных веществ [1].

Род цистанхе (*Cistanche* Hoffmanns. & Link) относится к семейству заразиховые (Orobanchaceae) и насчитывает около 20 видов, распространенных в странах Средиземноморья, Западной и Средней Азии [2]. Это ценное растение, которое впервые было отмечено примерно в 100 г. до н.э. и использовалось для лечения различных заболеваний [3]. Впервые информация о цистанхе появилась 1 500 лет назад в одной из самых старых книг по лекарственным травам в Китае. В 200 медицинских книгах описана фармакодинамика и использование травы цистанхе в истории Китая [4].

Все представители – высокоспециализированные растения-паразиты, которые полностью перешли на гетеротрофный способ питания, лишены хлорофилла. Редукции также подверглась корневая система заразиховых, высокая специализация Orobanchaceae обуславливает полную зависимость их развития от наличия хозяев. У цистанхе практически отсутствует корневая система, нет типичных листьев: стебель покрыт чешуями. Растения вегетируют

на поверхности почвы примерно 2 недели. За это время созревшие семена быстро рассыпаются, затем растения высыхают.

Между растением-паразитом и растением-хозяином складывается сложная система отношений, которые включают со стороны первого ряд адаптаций, гарантирующих заражение, а со стороны второго – защитные реакции. Для паразита очень важно обеспечить контакт с хозяином, начиная с прорастания семян [5]. Семена многих паразитических видов не прорастают в земле до тех пор, пока не окажутся вблизи корней растений-хозяев, от которых в почву поступают выделения, стимулирующие прорастание семян паразита и определяющие направление роста его гаусторий [6].

В Узбекистане виды *Cistanche* приурочены в основном к пустыням и полупустыням, паразитируя на кустарниках или кустарничках семейства лебедовые (в том числе на саксауле), а также на тамариске и джужгуне.

В связи с этим актуальны и необходимы исследования по инвентаризации промысловых массивов цистанхе, определению восстановительного потенциала зарослей после заготовок и разработке рекомендаций по сбалансированному использованию сырьевой базы в Бухарской области (Узбекистан).

Объектами исследования являются *Cistanche flava* (C. A. Mey.) Korsh., *C. mongolica* Beck, *C. salsa* (C. A. Mey.) Beck, *C. ambigua* (Bunge) Beck, распространенные в Бухарской области.

*Cistanche salsa* – многолетнее травянистое растение высотой 10–40 см, более или менее опушенное, с толстым в средней части (толщина 5–20 мм) стеблем, покрытым очередно расположенными продолговато-ланцетными чешуями. Соцветие коротко цилиндрическое или цилиндрическое, длиной 5–25 см, шириной 5–8 см, густое. Цветки в колосовидных кистях, сидячие или нижние на коротких цветоножках, расположены в пазухах кроющих чешуй. Венчик туповато-колокольчатый, длиной 5–35 мм, слабо вперед изогнутый, со светло-желтой трубкой и матовым отгибом, иногда весь светло-желтый, или лишь по складкам нижней губы.

*Cistanche flava* – многолетнее травянистое растение высотой 0,8–2 м, голое; стебель в средней части до 3 см толщиной, усажен линейно-ланцетными, довольно длинными (3–5 см длиной) чешуями. Соцветие цилиндрическое, густое, длиной 20–60 см; кроющие чешуи продолговато-линейные, узкие, значительно превышающие чашечку, обычно почти равные по длине венчику или даже превышающие его. Цветки сидячие или на коротких цветоножках; чашечка обычно в 2½ раза короче венчика, длиной 14–20 мм, на ⅓–¼ своей длины разделена на тупые, по краю перепончатые доли. Венчик длиной 30–45 мм, трубчато-колокольчатый, желтый, его лопасти почти одинаковые, округлые, тупые.

*Cistanche mongolica* – многолетнее травянистое растение высотой 30–70 см, голое. Стебель толщиной 1,5–2 см в средней части, при основании – до 8 см, усажен ланцетными длиной до 3 см чешуями. Соцветие цилиндрическое, густое, длиной 15–25 см; кроющие чешуи яйцевидно-ланцетные, островатые, превышающие чашечку и обычно равные ½–⅔ длины венчика. Чашеч-

ка в 2½–3 раза короче венчика, длиной 12–15 мм, на ⅓–¼ своей длины разделена на широкие, тупые, по краю перепончатые доли. Венчик длиной 35–45 мм, розовато-белый, его лопасти почти одинаковые, округлые или широко овальные.

*Cistanche ambigua* – многолетнее травянистое растение высотой 15–35 см, более или менее опушенное, с толстым в средней части (толщина 5–20 мм) стеблем, покрытым очередно расположенными продолговато-ланцетными чешуями. Соцветие коротко цилиндрическое или цилиндрическое, длиной 7–20 см, шириной 4–7 см, густое. Цветки в колосовидных кистях, сидячие или нижние на коротких цветоножках, находятся в пазухах кроющих чешуй. Венчик туповато-колокольчатый, длиной 5–30 мм, слабо вперед изогнутый, со светло-желтой трубкой и матовым отгибом, иногда весь светло-желтый, или лишь по складкам нижней губы.

Исследования китайских ученых доказали, что антиоксидантной, противовоспалительной и/или иммуномодулирующей активностью обладают фенолэтаноиды и полисахариды *C. deserticola*, используемого в традиционной китайской медицине более 2 000 лет [7]. *C. deserticola* наряду с *C. salsa* является основным источником сырья для получения китайского растительного лекарственного средства «Cistanche», хотя оно может также быть получено из других видов – *C. tubulosa*, *C. sinensis* и *C. ambigua*. Из-за сокращения зарослей растения-хозяина – саксаула (*Haloxylon ammodendron*), широко используемого на топливо, – и неумеренной заготовки сырья, в настоящее время запасы *C. deserticola* в Китае уменьшились, и этот вид стал редким [8].

Современные фармакологические исследования с тех пор продемонстрировали, что растение обладает широкими лечебными функциями, особенно для использования в гормональной регуляции, апериентной, иммуномодулирующей, нейропротекторной, антиоксидантной, антиапоптотической, антиноцицептивной, противовоспалительной, противовоспалительной активности и стимуляции костеобразования.

Таким образом, изучение биологических особенностей и практической значимости рода *Cistanche* только начинается. В Узбекистане есть большие перспективы использования видов этого таксона в качестве объекта производства для продуктов общетонизирующего действия.

Выявленные особенности распространения и наличие сырьевой базы в Бухарской области делают этот род весьма перспективным для использования в пищевой и фармацевтической промышленности Узбекистана, а также для внутреннего использования и экспорта в составе различных чаев и фитопрепаратов при условии сбалансированного и устойчивого использования промысловых массивов цистанхе.

#### Библиографический список

1. Шахидоятов Х. М. Хиназолон-4 и их биологическая активность. Ташкент : ФАН, 1988. 138 с.
2. Байтенов М. С. Флора Казахстана. Родовой комплекс флоры. Т. 2. Алматы, 2001. С. 189.

3. Jiang Y., Tu P. F. Analysis of chemical constituents in *Cistanche* species // Journal of Chromatography. 2009. Vol. 1216. No. 11. P. 1970–1979.
4. Structural characterization and immunological activity of two cold-water extractable polysaccharides from *Cistanche deserticola* Y. C. Ma / Q. Dong, J. Yao, J. N. Fang, K. Ding // Carbohydrate Research. 2007. Vol. 342. No. 10. P. 1343–1349.
5. Ресурсная характеристика хозяйственно ценных растений Прибалхашья (цистанхе, ремень гармала, солодка) / Н. Г. Гемеджиева, Л. М. Грудзинская, Ж. Ж. Каржаубекова, Н. В. Курбатова. Алматы, 2017. 224 с.
6. Гемеджиева Н. Г., Ерможанова М. К., Арысбаева Р. Б. Выявление особенностей распространения цистанхе солончаковой в южном Прибалхаше // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия биологическая и медицинская. 2013. № 1. С. 10–16.
7. Упур Х., Начатой В. Г. Секреты китайской медицины. Лечение травами и минералами. СПб., 1992. 206 с.
8. In vitro estrogenic activities of Chinese medicinal plants traditionally used for the management of menopausal symptoms / C. Z. Zhang, S. X. Wang, Y. Zhang, J. P. Chen, X. M. Liang // Journal of Ethnopharmacology. 2005. Vol. 98. P. 295–300.

## **ОЦЕНКА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПОСТАГРОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ В ОКРЕСТНОСТЯХ пгт. ВЕРХОШИЖЕМЬЕ (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

***М. М. Ворожцова, А. В. Ворожцова, С. В. Шабалкина***  
*Вятский государственный университет, Nasturtium2017@yandex.ru*

В статье приведена оценка древесных растений, развившихся на зарастающих землях сельскохозяйственного использования. Установлено, что естественное возобновление лесообразующих пород на обследованных участках началось более 20 лет назад. Первыми деревьями оказались *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, виды *Picea* A. Dietr. (состав древостоя по соотношению пород 9С1Е+Б, 8С1Е1Б). Зарастание является очень слабым: на 1 га в среднем приходится 282 шт. особей.

Ключевые слова: естественное возобновление, зарастающие земли, подрост, лесообразующая порода.

В последние десятилетия из-за экономических реформ 1990-ых гг. и резкого сокращения сельскохозяйственных предприятий многие пашни, сенокосы и пастбища перестали использоваться по назначению [1]. В результате в условиях лесной зоны заброшенные угодья зарастают древесными растениями. Состав формирующихся насаждений зависит от множества факторов: лесорастительная зона (подзона); вид сельскохозяйственного использования; площадь участка; тип почв; удаленность от «стены» леса; таксационные показатели произрастающих поблизости лесных фитоценозов и др. На лугах и залежах поселяются или только мелколиственные породы – виды *Betula* L., *Alnus incana* (L.) Moench, *Populus tremula* L. – или *Pinus sylvestris* L. и *Betula*

*pendula* Roth [2]. Кировская область не стала исключением, и вопросам зарастания постагрогенных территорий стали уделять внимание сравнительно недавно [3, 4].

В этой работе приведена оценка древесных растений, развившихся на зарастающих землях сельскохозяйственного использования; особое внимание уделено особенностям *Pinus sylvestris* как основной породе, участвующей в формировании будущего лесного сообщества.

Исследования проводили в 2021–2022 гг. на постагрогенном участке в окрестностях пгт. Верхошижемье в Кировской области. Были выбраны две пробные площади (ПП) по обеим сторонам от ул. Чащинской. На каждой из них заложено несколько учетных площадок размером 10×10 м (единично 20×20 м), суммарная площадь которых на ПП 1 составила 1500 м<sup>2</sup>, на ПП 2 – 1000 м<sup>2</sup>. ПП 1 находится на небольшом склоне южной экспозиции; здесь преимущественно прекращена хозяйственная деятельность, хотя раньше участок использовался под пастбище; рядом расположен смешанный лес. ПП 2 представляет собой ровную поверхность со слабой антропогенной деятельностью: сенокосение отдельных участков, засаживание небольших площадей картофелем, многочисленные тропинки. Рядом с этой площадью произрастает сосновое насаждение. При характеристике древесных растений использовали подходы, которые применяются для оценки подроста в лесных насаждениях [5].

В результате исследований выявлено, что естественное возобновление лесообразующих пород началось чуть более 20 лет назад; формулы древостоев близки: 9С1Е+Б – ПП 1, 8С1Е1Б – ПП 2. Зарастание является очень слабым: на 1 га в среднем приходится 282 шт. особей (на ПП 1– 193 шт./га, на ПП 2 – 370 шт./га).

При оценке лесообразующих пород, их разделили, по аналогии с подростом, на мелкий (до 0,5 м), средний (0,51–1,5 м) и крупный (более 1,51 м). Высота особей варьирует от 0,3 м до 8 м, но на обеих площадях преобладают растения крупной категории (табл. 1). Отсутствие мелкого подроста на ПП 2 обусловлено, вероятно, тем, что она еще используется человеком в сельскохозяйственных целях.

Таблица 1

**Распределение особей по категориям высот**

Категория	Пробная площадь 1		Пробная площадь 2	
	число, шт.	доля, %	число, шт.	доля, %
Мелкий	4	6,9	0	0
Средний	8	13,8	2	2,7
Крупный	46	79,3	72	97,3
Всего	58	100	74	100

Средний диаметр ствола деревьев на ПП 1 составил 9,1±2,8 см (от 0,2 до 25 см), преобладают особи с диаметром 2,1–6 см. На ПП 2 средний диаметр стволика меньше в 1,9 раза и равен 4,8±2,4 см (от 2 до 17 см), при этом доминируют породы с диаметром 2,1–4 см и отсутствуют с диаметром боль-

ше 18,1 см (табл. 2). Это, по всей видимости, связано с более ранним забрасыванием ПП 1.

Исходя их подходов, применяемых к описанию лесных фитоценозов, на ПП 1 44,7% особей уже можно отнести к деревьям, на ПП 2 – 40,6% (табл. 2). При этом, на ПП 2 отчетливо прослеживаются две волны, когда наиболее успешно происходило естественное возобновление.

Таблица 2

**Распределение особей по диаметру ствола**

Диаметр, см	Пробная площадь 1		Пробная площадь 2	
	число, шт.	доля, %	число, шт.	доля, %
0,2–2,0	7	12,1	9	12,2
2,1–4,0	9	15,5	16	21,6
4,1–6,0	9	15,5	11	14,9
6,1–7,9	7	12,1	8	10,8
8,0–10,0	5	8,6	14	18,9
10,1–12,0	5	8,6	8	10,8
12,1–14,0	3	5,2	2	2,7
14,1–16,0	3	5,2	5	6,8
16,1–18,0	4	6,9	1	1,4
18,1–20,0	1	1,7	0	0
20,1–22,0	2	3,4	0	0
22,1–24,0	2	3,4	0	0
24,1–26,0	1	1,7	0	0
Всего	58	100	74	100

Изучение особенностей развития деревьев показало, что на ПП 1 в вегетативной фазе находилось 30 сосен, четыре ели и одна береза (или 60,3 % в совокупности от всех особей), в генеративной – 23 сосны (39,7%) в возрасте от 11 до 21 года. На ПП 2 в вегетативной фазе было 40 сосен, 10 елей и пять берез (74,3% в совокупности), в генеративной – 19 сосен (25,7%) в возрасте от 13 до 17 лет. Известно, что семеношение у свободностоящих сосен начинается с 12–15 лет, в насаждениях – с 30–40 лет и старше, в зависимости от сомкнутости крон [6]. Полученные результаты соотносятся с этой информацией.

Для определения жизненности растений визуально определяли ряд параметров, по совокупности которых деревья распределяли по категориям: благонадежный, сомнительный, неблагонадежный и сухой. Оказалось, что на ПП 1 преобладают благонадежные особи: деревья не имеют внешних признаков повреждений. На ПП 2 благонадежного подроста меньше в 1,8 раза, увеличена доля растений сомнительного и неблагонадежного категорий, появляются сухие (табл. 3). По-видимому, это обусловлено микроусловиями и частично антропогенным воздействием. ПП 1 находится недалеко от реки, водообеспеченность почвы лучше, что сказывается на жизнеспособности особей.

Таблица 3

**Жизненность деревьев**

Категория жизненного состояния	Пробная площадь 1		Пробная площадь 2	
	число, шт.	доля, %	число, шт.	доля, %
Благонадежный	42	72,4	30	40,5
Сомнительный	15	25,9	27	36,5
Неблагонадежный	1	1,7	14	18,9
Сухой	0	0	3	4,1
Всего	58	100	74	100

Объединив данные по обеим пробным площадям, получилось, что особи благонадежной категории имеют диаметр ствола от 0,2 до 26,0 см, преобладают растения с диаметром от 4,1 до 8,0 см. Доля сомнительного и неблагонадежного подроста выше при диаметре стволика 2,1–4,0 см (табл. 4). Повидимому, деревья, которые начали развиваться раньше, испытывали меньшую конкуренцию. В настоящее время конкуренция увеличилась, в том числе и за счет массового разрастания травянистых растений.

Таблица 4

**Распределение категорий жизненного состояния древесных растений по ступеням толщины**

Распределение по ступеням толщины	Категория жизненного состояния, шт.			
	благонадежный	сомнительный	неблагонадежный	сухой
0,2–2,0	9	3	3	1
2,1–4,0	9	10	5	1
4,1–6,0	10	7	3	0
6,1–8,0	17	9	1	0
8,1–10,0	4	2	1	0
10,1–12,0	4	6	2	1
12,1–14,0	4	1	0	0
14,1–16,0	4	4	0	0
16,1–18,0	5	0	0	0
18,1–20,0	1	0	0	0
20,1–22,0	2	0	0	0
22,1–24,0	2	0	0	0
24,1–26,0	1	0	0	0

Из всех лесообразующих пород возраст оценивали только у *Pinus sylvestris*. В целом, на исследуемой территории средний возраст деревьев равен 13 годам, он варьирует от 4 до 21 года (табл. 5). На ПП 1 возраст сосны обыкновенной составляет от 5 до 21 года, преобладают особи 13 лет. На ПП 2 произрастают растения 4–17 лет, преобладают 10–11 летние экземпляры. При этом особо выделяются четыре года, когда естественное возобновление отсутствует или подавлено, что может быть обусловлено неурожайными годами, или увеличением антропогенной нагрузки.



Распределение особей *Pinus sylvestris* по возрасту

Возраст, лет	Пробная площадь 1		Пробная площадь 2	
	число, шт.	доля, %	число, шт.	доля, %
4	0	0	1	1,7
5	3	5,7	0	0
6	1	1,9	0	0
8	2	3,8	0	0
9	6	11,3	0	0
10	6	11,3	10	16,9
11	5	9,4	10	16,9
12	2	3,8	6	10,2
13	7	13,2	9	15,3
14	3	5,7	8	13,6
15	4	7,5	8	13,6
16	6	11,3	6	10,2
17	2	3,8	1	1,7
18	4	7,5	0	0
21	2	3,8	0	0
Всего	53	100	59	100

Анализ возраста *Pinus sylvestris* в связи с диаметром ствола показал, что наиболее вариабельными по возрасту оказались растения с диаметром стволика 0,2–4,0 см, возраст достигал от 4 и единично до 12–15 лет (преобладают 8–11-летние). При диаметре стволика 6,1–8,0 см возраст деревьев составляет 10–15 лет, 8,1–10,0 см – 12–15 лет. Самые взрослые деревья сосны обыкновенной (21 год) имеют диаметр 22,1–24,0 см. Большой диапазон в значении диаметра ствола у особей одного года демонстрирует внутривидовую изменчивость и морфологическую поливариантность.

Таким образом, зарастание обследованных участков началось более 20 лет назад. Первыми древесными породами оказались *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, виды *Picea* A. Dietr. Их оценка показала, что раньше были заброшены земли III 1: на ней древесные породы преобладают по возрасту и диаметру. Опираясь на исследования Е. В. Белорусцевой [7], можно предположить, что вся исследуемая площадь находится во второй стадии зарастания, поскольку на всех участках преобладает возобновление в виде небольших группировок, сильной конкуренции за свет еще нет.

## Библиографический список

1. Оценка ситуации с зарастанием сельскохозяйственных земель лесной растительностью на примере Угличского района Ярославской области / А. Маслов, А. Гульбе, Я. Гульбе, М. Медведева, А. Сиринов // Устойчивое лесопользование. 2016. № 4 (48). С. 6–14.
2. Горяинова И. Н., Леонова Н. Б., Феодоритов В. М. Процессы зарастания сельскохозяйственных земель в средней тайге Архангельской области // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2012. № 3. С. 41–47.
3. Березин А. А., Савиных Н. П. О возможных высоколиквидных постагрогенных сосняках в южной тайге (Кировская область) // Экология родного края: проблемы и пути

их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. с междунар. участием конф. Киров, 2021. С. 212–217.

4. Журавлева О. С., Скулкина Д. С., Савиных Н. П. О зарастании полей берёзой // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2017. С. 158–164.

5. Методы изучения лесных сообществ. СПб. : НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.

6. Синадский Ю. В. Сосна. Ее вредители и болезни. М. : Наука, 1983. 344 с.

7. Белорусцева Е. В. Мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий Нечерноземной зоны Российской Федерации // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2012. Т. 9, № 1. С. 57–64.

## ОСОБЕННОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ЗАРАСТАЮЩИХ УЧАСТКАХ В ОКРЕСТНОСТЯХ г. КИРОВА

*К. А. Бушуева, С. В. Шабалкина*

*Вятский государственный университет, Nasturtium2017@yandex.ru*

В статье приведена оценка древесных растений, развившихся на двух зарастающих участках в окрестностях г. Кирова. Установлено, что естественное лесовосстановление началось 15–16 лет назад и протекает по-разному. На сложившуюся структуру повлияли расположение участков, удаленность от «стены» леса и самого лесного фитоценоза, густота растений, степень антропогенного воздействия и др. Это отразилось в разных составах молодых древостоев, в распределении по категориям высот и жизненного состояния.

Ключевые слова: зарастающие земли, естественное возобновление, лесообразующая порода, подрост.

В настоящее время немало внимания уделяется проблемам преобразования земельных угодий и связанной с ними трансформации растительности. Однако восстановительные процессы в природных экосистемах при уменьшении сельскохозяйственной нагрузки остаются мало исследованными. Известно, что существуют значительные региональные различия в ходе лесовосстановления, и даже в одних и тех же физико-географических условиях естественное зарастание может происходить по-разному. Поэтому накопление сведений об этапах этих процессов остается теоретически и практически важным [1, 2]. В данной работе охарактеризованы особенности лесообразующих пород, развившихся на двух зарастающих участках в окрестностях г. Кирова.

Исследования проводили в 2021–2022 гг.; материалом для анализа стали описания растительности двух пробных площадей (ПП) в окрестностях г. Кирова. Первая ПП заложена на окраине северо-восточной части города, недалеко от остановки «Слобода Макарье», по левую сторону автомобильной трассы «Киров – Пермь». Это центральная часть поймы р. Вятки, которая ранее возделывалась человеком, о чем свидетельствует произрастание *Malus*

*domestica* Borkh., дичающей *Fragaria* × *ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier и др. Вторая ПП находится рядом с мкр. Радужный г. Кирова, недалеко от «стены» леса; рядом с участком идут интенсивные строительные работы. Ранее территория, по всей видимости, использовалась как пастбище. В пределах каждой ПП заложены учетные площадки размером 10×10 м, суммарная площадь которых на ПП 1 составила 1000 м<sup>2</sup>, на ПП 2 – 800 м<sup>2</sup>. При изучении древесных растений использовали подходы, которые применяются для оценки подроста в лесных насаждениях [3].

На обеих ПП доминирует *Pinus sylvestris* L., однако количество особей отличается. На ПП 1 состав 10С, на 1 га определено 690 шт. На ПП 2 состав 7С3Е ед. БОс, численность на 1 га 1737 особей ели, 4125 растений сосны. Наличие на ПП 1 только сосны обыкновенной обусловлено расположением участка в пойме р. Вятки, где почвенные условия благоприятны для ее произрастания и пока бедны для видов *Picea* A. Dietr. Меньшая численность, по сравнению с ПП 2, связана с относительно удаленным расположением лесных массивов (Заречный парк), с которых заносятся семена *Pinus sylvestris*. ПП 2 находится рядом со «стеной» смешанного леса, в древостое которого доминирует сосна обыкновенная. Поэтому, видимо, здесь численность особей выше.

При описании лесообразующих пород, их разделили по высоте, по аналогии с подростом, на мелкий (до 0,5 м), средний (0,51–1,5 м) и крупный (более 1,51 м). На обеих площадях преобладают растения крупной категории (табл. 1), причем на ПП 1 их доля больше.

Таблица 1

Распределение особей по категориям высот

Категория	Пробная площадь 1		Пробная площадь 2	
	число, шт.	доля, %	число, шт.	доля, %
Мелкий	2	2,9	29	6,1
Средний	7	10,2	131	27,8
Крупный	60	86,9	312	66,1

По комплексу признаков у деревьев оценивали жизненность и в результате распределяли по категориям: благонадежный, сомнительный, неблагонадежный и сухой. Оказалось, что на ПП 1 отсутствуют неблагонадежные и сухие породы, значительная доля – 86,8% – приходится на благонадежные особи, подавляющее большинство которых являются деревьями с диаметром ствола более 8 см (табл. 2). На ПП 2 соотношение категорий отличается значительно: доля благонадежного составляет 42,0%, сомнительного – 29,9%, неблагонадежного – 27,6%, имеются две сухие особи. Такое количество неблагонадежного и сомнительного подроста указывает на внутри- и межвидовую конкуренцию древесных пород; может быть обусловлено также длительной стройкой рядом с исследуемой территорией, близким расположением автомобильной дороги. Все это оказывает негативное влияние, сопровождающееся понижением жизненности растений.

**Категории жизненного состояния растений**

Распределение по ступеням толщины	Категория жизненного состояния, шт.				
	пробная площадь 1		пробная площадь 2		
	благонадежный	сомнительный	благонадежный	сомнительный	неблагонадежный
0–1,0	0	1	12	15	2
1,1–2,0	6	0	33	49	21
2,1–3,0	2	0	53	29	34
3,1–4,0	1	3	34	13	28
4,1–5,0	4	1	25	12	14
5,1–6,0	2	0	20	7	12
6,1–7,0	4	2	8	6	9
7,1–8,0	10	0	7	6	8
8,1–9,0	8	0	5	2	1
9,1–10,0	5	0	1	0	0
10,1–11,0	5	1	0	2	1
11,1–12,0	3	0	0	0	0
12,1–13,0	2	0	0	0	0
13,1–14,0	2	0	0	0	0
14,1–15,0	1	0	0	0	0
15,1–16,0	2	0	0	0	0
16,1–17,0	2	0	0	0	0
17,1–18,0	0	0	0	0	0
18,1–19,0	0	1	0	0	0

Исходя их подходов, применяемых при описании лесных фитоценозов, на первой ПП 71,2% особей уже можно отнести к деревьям, на ПП 2 – лишь 7% (табл. 2). Это обусловлено редким расположением *Pinus sylvestris* на ПП 1, достаточными освещением и площадью питания каждой особи, поэтому деревья быстрее набирают полноту.

Поскольку на обеих ПП численно преобладает *Pinus sylvestris*, остановимся детальнее на результатах ее исследования. Судя по возрасту этой породы, зарастание участков началось ориентировочно 15–16 лет назад. На ПП 1 возраст сосны обыкновенной варьирует от 4 до 15 лет, а диаметр ствола – от 1 до 19 см. Преобладают по возрасту 12–13 летние особи (35,7% от общего числа), а по диаметру ствола – 7–9 см (24,3%). На ПП 2 возраст этой лесобразующей породы имеет такие же диапазоны, тогда как диаметр ствола изменяется от 1 до 9 см. На этом участке значительная доля 11–12-летних растений (42,2%), 2–4 см в диаметре ствола (44,2%). Заметно, что растения на ПП 2 существенно отстают в росте и наборе полноты. Причины, обуславливающие это, идентичны тем, которые влияют на жизненность особей.

Таким образом, процесс восстановления леса на обследованных участках начался 15–16 лет назад и протекает по-разному. На сложившуюся структуру повлияли расположение участков, удаленность от «стены» леса и самого лесного фитоценоза, густота растений, степень антропогенного воздействия и т.д. Это отразилось в разных составах молодых древостоев, распределении по

категориям высот и жизненного состояния. Опираясь на работы Е. В. Белоусцевой [4], можно заключить, что ПП 1 находится во второй стадии зарастания, когда на участке лесообразующие породы встречаются в виде небольших группировок, сильной конкуренции за свет еще нет. Зарастание здесь является слабым: на 1 га приходится 690 особей *Pinus sylvestris*. По всей видимости, в ближайшие годы здесь и дальше будет развиваться разновозрастный сосновый лес. Растительность ПП 2 проходит четвертую стадию развития, когда на территории формируется сомкнутый молодой лес, зарастание средней густоты.

#### Библиографический список

1. Горяинова И. Н., Леонова Н. Б., Феодоритов В. М. Процессы зарастания сельскохозяйственных земель в средней тайге Архангельской области // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2012. № 3. С. 41–47.
2. Голубева Л. В., Наквасина Е. Н. Трансформация постагрогенных земель на карбонатных отложениях : монография. Архангельск : КИРА, 2017. 152 с.
3. Методы изучения лесных сообществ. СПб. : НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
4. Белоусцева Е. В. Мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий Нечерноземной зоны Российской Федерации // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2012. Т. 9, № 1. С. 57–64.

### ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА РАСТЕНИЙ КАК МЕХАНИЗМА АДАПТАЦИИ К РАЗЛИЧНЫМ УСЛОВИЯМ ПРОИЗРАСТАНИЯ

*М. А. Конопляников, А. С. Дюкова*

*Костромской государственный университет,  
mikhail.konoplyanikov@mail.ru, annadyukova.kgu@mail.ru*

В статье представлены данные изучения динамики пигментного состава у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели обыкновенной (*Picea abies* L. H. Karst.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в зависимости от уровня освещения и антропогенной нагрузки на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына и в пригороде г. Костромы (Караваевский лес).

Ключевые слова: пигментный состав, хлорофиллы, каротиноиды, заповедник «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, антропогенная нагрузка, фотосинтетический аппарат.

Определение концентраций пигментов является одной из важных биоиндикационных характеристик, позволяющих судить о благоприятности условий для произрастания растений. Пигментный состав растений изменяется в процессе прохождения стадий онтогенеза, а также зависит от того, к какой экологической группе принадлежит растение. Динамика пигментов за-

метно меняется при антропогенной нагрузке. В зависимости от вида поллютанта, растения по-разному реагируют на загрязнения, однако часто это проявляется в снижении концентраций хлорофилла *a* и *b*, увеличении концентрации каротиноидов [1].

Для оценки механизмов адаптации были выбраны растения, относящиеся к разным экологическим группам по отношению к свету: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель обыкновенная (*Picea abies* L. Н. Karst.) и береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Исследования проводили в весенне-летний период 2022 г. в Костромской области на территории государственного природного заповедника (ГПЗ) «Кологривский лес» и на территории Караваевского леса. Отбор материала осуществляли у виргинильных (*v*) и средневозрастных генеративных (*g*<sub>2</sub>) особей. Для измерения уровня освещенности использовали люксметр Ю-116. Определение концентрации пигментов проводили фотоколориметрическим способом. Навеску 2 г сухого материала растирали в ступке, добавляя небольшое количество 96% этилового спирта. После отстаивания раствор фильтровали и доводили объем фильтрата спиртом до 20 мл, тщательно перемешивали. Концентрацию пигментов определяли в 96% спиртовой вытяжке колориметрически на приборе *Apel AP-101*. Для определения концентрации хлорофилла *a* использовали красный светофильтр с длиной волны 600 нм. Для хлорофилла *b* и каротиноидов использовали светофильтр с длиной волны 420 нм [2, 3].

Для развития растений необходимы определенные условия, среди которых немаловажную роль играет освещенность. Например, некоторые растения могут развиваться лишь при пониженном освещении (сциофиты), при ярком свете такие растения могут погибнуть. От освещенности также зависят фотосинтетическая активность и, как следствие, рост и развитие растения [4]. Высокие коэффициенты отношения пигментов говорят о значительной фотосинтетической активности растения и благоприятных условиях для его произрастания. Зависимость отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам от освещения представлена на рисунках 1 и 2.

На обоих исследуемых участках при постепенном повышении уровня освещения значения отношения хлорофиллы/каротиноиды у гелиофитов (сосна, береза) увеличивались, а у сциофитов (ель) уменьшались. Сосна и береза приспособлены к высокому уровню освещения, что подтверждается увеличением значения отношения на графике. Ель обыкновенная не приспособлена к условиям сильной инсоляции и предпочитает затененные места. С повышением уровня освещения наблюдается угнетение состояния ели, что отражается в снижении значений отношения пигментов.

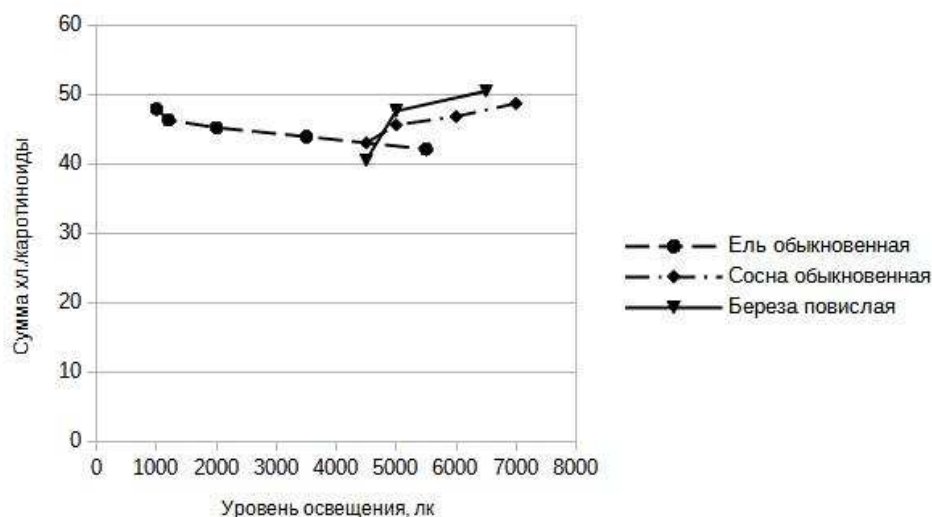


Рис. 1. Зависимость отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам от освещенности на участке ГПЗ «Колодривский лес»

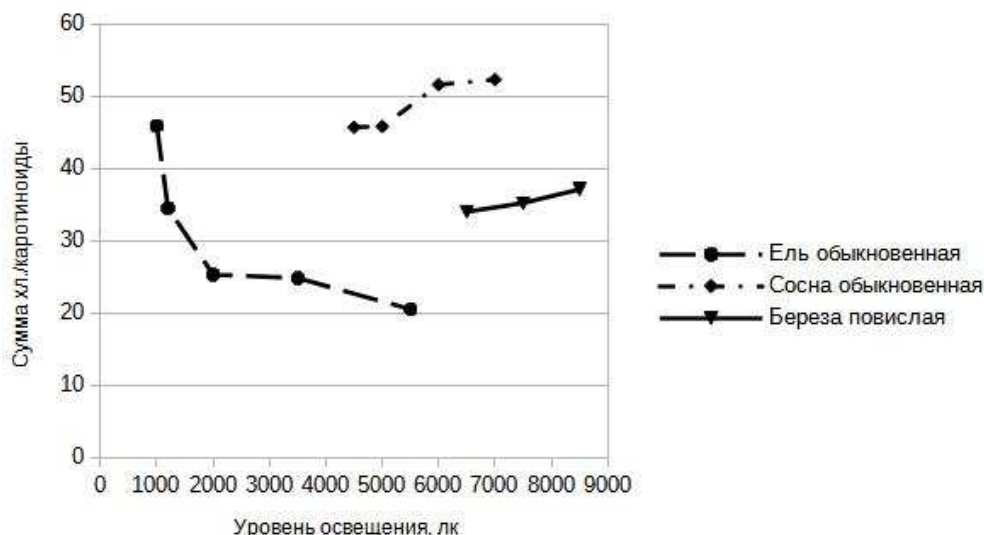


Рис. 2. Зависимость отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам от освещенности на участке Каравеевский лес

Исследования антропогенного влияния на пигментный комплекс проводились на участках с разным уровнем антропогенной нагрузки. ГПЗ «Колодривский лес» имени М. Г. Синицына является территорией, не испытывающей антропогенную нагрузку. Каравеевский лес, вследствие своего расположения вблизи города, подвергается значительной антропогенной нагрузке.

По отношению суммы хлорофиллов к каротиноидам можно судить об устойчивости растений к влиянию негативных факторов и о благоприятности мест для их произрастания. Результаты исследований представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

**Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам у исследуемых деревьев на территории ГПЗ «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына**

Уровень освещения, лк	Онтогенетическое состояние растений	
	$v$ (виргинильные)	$g_2$ (средневозрастные генеративные)
ель обыкновенная		
1000	15,3	47,9
1200	16,7	46,3
2000	24,7	45,2
1	2	3
3500	29,0	43,9
5500	45,3	42,1
сосна обыкновенная		
4500	20,0	43,0
5000	20,6	45,6
6000	29,6	46,8
7000	36,7	48,7
береза повислая		
4500	36,9	40,5
5000	39,6	47,6
6500	40,0	50,5

Таблица 2

**Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам у исследуемых деревьев на территории Караваевского леса**

Уровень освещения, лк	Онтогенетическое состояние растений	
	$v$ (виргинильные)	$g_2$ (средневозрастные генеративные)
ель обыкновенная		
1000	17,8	45,9
2000	25,2	34,5
3500	33,6	25,3
4500	34,7	24,8
5500	40,6	20,5
сосна обыкновенная		
4500	10,3	45,7
5000	10,8	45,8
6000	14,1	51,6
7000	17,9	52,3
береза повислая		
6500	19,6	34,0
7500	20,7	35,2
8500	22,1	37,1

Из данных, представленных в таблицах, видно, что наибольшие показатели в целом наблюдались у растений, произрастающих на территории ГПЗ «Кологривский лес».



Сосна обыкновенная и береза повислая, в отличие от ели обыкновенной, считаются более приспособленными к атмосферному загрязнению [5]. Исходя из данных таблицы, мы можем наблюдать более низкие показатели соотношения сумм хлорофиллов к каротиноидам у особей березы повислой, произрастающих в Караваевском лесу. Однако в случае сосны обыкновенной более низкие значения на территории Караваевского леса наблюдаются лишь у виргинильных растений, что может быть связано с повышенной чувствительностью сосны к загрязнениям на ранних стадиях онтогенеза. Генеративные особи сосны обыкновенной в Караваевском лесу имели похожие показатели по сравнению с особями, растущими на территории заповедника, что может свидетельствовать о благоприятных условиях для их произрастания на территории Караваевского леса.

Таким образом, динамика количественного состава пигментов напрямую зависела от принадлежности растений к экологическим группам по отношению к освещенности. С повышением уровня освещения у гелиофитов наблюдалось увеличение значений отношения пигментов, а у сциофитов, наоборот, – их уменьшение.

Антропогенная нагрузка негативно влияет на фотосинтетический аппарат растений. На участке с умеренной антропогенной нагрузкой (Караваевский лес) исследуемые растения имели более низкие показатели отношения пигментов по сравнению с участком, не испытывающим антропогенную нагрузку (ГПЗ «Кологривский лес»).

#### Библиографический список

1. Артамонов В. И. Растения и чистота природной среды. М. : Наука, 1986. 172 с.
2. Практикум по физиологии растений : учебно-методическое пособие / В. Н. Воробьев, Ю. Ю. Невмержицкая, Л. З. Хуснетдинова, Т. П. Якушенкова. Казань : Казанский университет, 2013. 80 с.
3. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Т. В. Карнаухова, Л. А. Паничкин и др. М. : Агропромиздат, 1990. 271 с.
4. Boardman N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants // Annual review of plant physiology. 1977. Vol. 28. No. 1. P. 355–377. doi: 10.1146/annurev.-pp.28.060177.002035
5. Вервекина Н. В., Гладышева И. В., Шубина А. Г. Сравнительная оценка содержания хлорофилла и каротиноидов в листьях одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) и березы повислой (*Betula pendula* Roth) по г. Тамбову (2010–2021 гг.) // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В. И. Вернадского. 2021. № 4 (82). С. 7–12. doi: 10.17277/voprosy.2021.04.pp.007-012

## ВЫРАЩИВАНИЕ РАСТЕНИЙ САЛАТА ПРИ РАЗНЫХ СВЕТОВЫХ РЕЖИМАХ

*И. Д. Катунцова<sup>1</sup>, В. П. Воротников<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> МАОУ «Лицей № 28 имени академика Б. А. Королёва»,  
*ira.katunova07@mail.ru*

<sup>2</sup> ННГУ имени Н. И. Лобачевского, *vovp49@rambler.ru*

В статье представлены результаты эксперимента по выращиванию растений салата (*Lactuca sativa* L.) в закрытом грунте при различных световых режимах. Установлено, что режим освещения, близкий к естественным условиям в умеренном климатическом поясе, определен как самый эффективный для увеличения общей урожайности растений салата.

Ключевые слова: салат посевной, *Lactuca sativa* L., закрытый грунт, режим освещения, режим выращивания, агрокультура.

Основной целью сельского хозяйства и производства продуктов питания является подбор наилучших условий выращивания растений для получения высокой продуктивности и качества растений [1]. Культурные растения – непосредственные производители органической продукции, создающие ее в процессе фотосинтетической деятельности за период вегетации [2]. Свет выполняет энергетические и регуляторные функции, управляет различными функциями и процессами в жизни растения. Режим освещения оказывает существенное влияние на фотосинтез, его скорость и на многие биотические процессы [3].

Одним из неблагоприятных факторов для сельскохозяйственных растений, произрастающих в средней и северной части России, является недостаточный уровень освещения [4]. В условиях искусственного выращивания растений в теплицах мы можем увеличивать длину светового дня [5]. В исследованиях [6] отмечается повышение интенсивности фотосинтеза при повышении интенсивности освещения. Также известно, что для нормального физиологического развития большинству растений требуется несколько часов полной темноты [7], то есть постоянный режим освещения является избыточным [3]. При превышении определенных значений освещенности происходит торможение ростовых процессов, что объясняется разрушением хлоропластов и деструкцией листовых пластин. При проектировании тепличных хозяйств и оборудовании отдельных теплиц системами освещения важной остается проблема прогнозирования изменения интенсивности фотосинтеза, связанного с изменением режима освещения. Соответствующие модели могут помочь выбрать оптимальный режим выращивания видов и сортов растений в закрытом грунте [8].

Салат (*Lactuca sativa* L.) – очень распространенная на территории России зеленная культура, которая имеет важное пищевое значение. С 2002 года

в России наблюдается активный период увеличения объема производства салата. Наибольшие площади под салатными комплексами находятся в Центральном округе – почти 50% всех площадей, занятых культурой салата в России. Немного меньше площадей расположено в Приволжском округе [9]. В настоящее время в России производство салата достигает 15 000 т/год на общей площади 700–800 га, что не покрывает потребности продовольственного рынка и недостаточно для удовлетворения покупательского спроса на эту продукцию [10]. Чаще всего он выращивается в агрохозяйствах в закрытом грунте (теплицах) с применением технологии гидропоники и досвечивания. Длительный период досвечивания рассады обеспечивает прирост массы салата в среднем на 10% [9, 11, 12].

Целью исследования являлось определение режима освещения растений в условиях закрытого грунта, который способствует их большему росту и увеличению биомассы – на примере культуры салата. Объектом исследования являлись растения *Lactuca sativa* сорта «Азарт». Салат выращивался методом гидропоники (в кубиках минеральной ваты, находящейся в пластиковых горшочках). В ходе эксперимента анализировали количественные параметры растений: число листьев и масса растения. Определяли биомассу всего растения. Для эксперимента было выбрано 3 световых режима: 1-ый, контрольный – близкий к естественному в средней полосе России (свет – 16 часов, темнота – 8 часов), 2-ой – с сокращением темного периода на 4 часа от естественного (свет – 20 часов, темнота – 4 часов); 3-ий – с исключением темного периода (24 часа света).

Растения были разделены на 3 группы (по 15 штук) и установлены на разных стеллажах. В первый день эксперимента проведены первичные замеры растений: число листьев и общую биомассу растений (для установления однородности разделенных групп). После этого растения поместили на удалении друг от друга в темном помещении на стеллажи с разными вариантами подсветки. Режим освещения устанавливали на автоматическую регулировку с заданной длительностью включения и выключения освещения. Через 7 дней были проведены повторные измерения биомассы растений и числа листьев. Для обработки данных использованы методы математической статистики (расчет среднего, t-критерия Стьюдента) [13]. Статистическая обработка проводилась в программе Microsoft Excel.

Результаты, полученные в ходе исследования, позволили установить, что растения, которые были взяты для опыта и разделены на 3 выборки, не имеют достоверных различий между собой при выбранных мерных параметрах – масса растений ( $t_{\text{эксп. Стьюдента}}$  между выборками: № 1-2 – 1,59, 1-3 – 0,94, 2-3 – 0,81 при  $t_{\text{теор.}} = 2,049$ ,  $\alpha = 0,05$ ) и число листьев ( $t_{\text{эксп. Стьюдента}}$  между выборками: №1-2 – 1,54, 1-3 – 0,65, 2-3 – -1,07, при  $t_{\text{теор.}} = 2,049$ ,  $\alpha = 0,05$ ).

Результаты повторных измерений (через 7 дней) показали, что содержание растений салата при разных режимах освещения приводит к достоверному увеличению количество листьев у салата ( $t_{\text{эксп. Стьюдента}}$  по динамике

показателей выборок: по числу листьев: № 1 – -9,90, № 2 – -7,85, № 3 – -9,00; по биомассе – № 1 – -10,20, № 2 – -10,53, №3 – -7,08, при  $t_{теор.} = 2,049$ ,  $\alpha = 0,05$ ) (рис. 1–2).

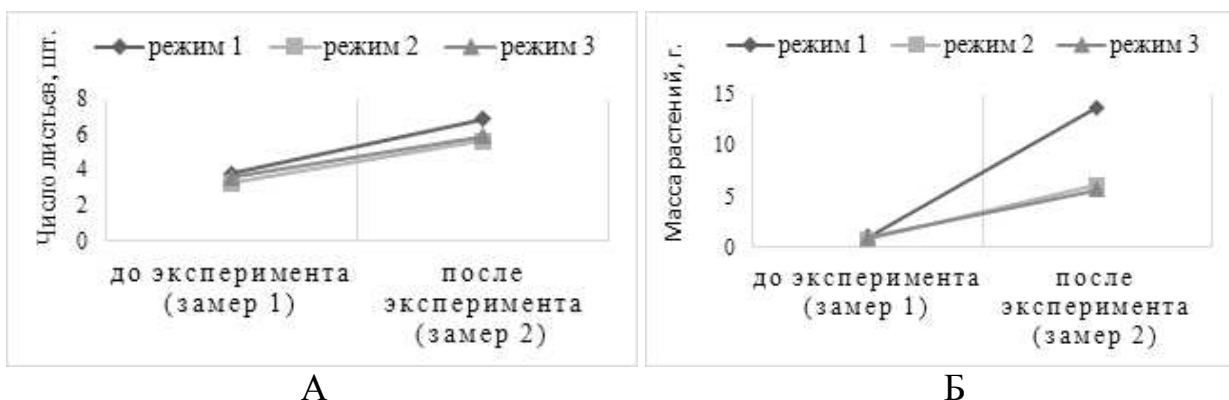


Рис. 1. Динамика показателей роста салата при различных световых режимах: А – количество листьев, Б – биомасса растений



Выборка 1 (режим 1)                      Выборка 2 (режим 2)                      Выборка 3 (режим 3)  
Рис. 2. Фото выборок растений при разных режимах освещения через 7 дней

При этом, одна из выборок растений салата через 7 дней (замер 2), имеет значимые отличия по количественным параметрам – весу и количеству листьев: их величины достоверно выгодно отличаются после эксперимента при режиме 1 от режимов 2 и 3 (рис. 3). По числу листьев салата:  $t_{эксп.}$  Стьюдента между выборками: №1-2 – 5,03, 1-3 – 3,95, 2-3 – -1,15 при  $t_{теор.} = 2,049$ ,  $\alpha = 0,05$ . По биомассе растений салата:  $t_{эксп.}$  Стьюдента между выборками: №1-2 – 5,76, 1-3 – 5,78, 2-3 – 0,55 при  $t_{теор.} = 2,049$ ,  $\alpha = 0,05$ .

Средние значения мерных показателей растений салата при выращивании с этим режимом достоверно отличаются от параметров режимов 2 и 3. При этом, достоверной разницы по урожайности растений салата между режимами 2 и 3 не выявлено. Средние показатели растений в выборке 1 (контрольная группа) самые высокие, то есть этот режим освещения (близкий к естественным условиям в умеренном климатическом поясе) – самый эффективный для численного увеличения листьев и общей биомассы растений салата. Опытные растения салата менее эффективно растут в закрытом грунте при уменьшении длины темного периода суточного цикла. При этом, при

изменении режима освещения с увеличением длительности светового периода урожайность растений салата, выращиваемого в закрытом грунте, не повышается, а наоборот, снижается. Таким образом, мы установили, что физиологические потребности салата включают необходимость присутствия длительной (не менее 6 час.) темновой фазы суточного цикла. При сокращении ее длительности салат дает меньший прирост по числу листьев и биомассе.

#### Библиографический список

1. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А. Ф. Дружкин, Ю. В. Лобачев, Л. П. Шевцова, З. Д. Ляшенко. Саратов : ФГБОУ ВПО «СГАУ», 2013. 283 с.
2. Карпук В. В., Сидорова С. Г. Растениеводство : учебное пособие. Минск : БГУ, 2011. 351 с.
3. Смашевский Н. Д. Экология фотосинтеза // Астраханский вестник экологического образования. 2014. № 2 (28). С. 165–180.
4. Волкова И. Н. Тепличная отрасль хозяйства России и факторы, влияющие на её развитие и размещение // Географическая среда и живые системы. 2021. № 1. С. 93–109.
5. Журавлева В. В., Казазаев В. В. О моделировании фотосинтеза растений в условиях глобального изменения климата // Известия АлтГУ. 2017. № 4 (96). С. 4–18.
6. Протасова Н. Н. Светокультура как способ выявления потенциальной продуктивности растений // Физиология растений. 1987. Т. 34. Вып. 4. С. 812–822.
7. Головкин Т. К. Дыхание растений (физиологические аспекты). СПб. : Наука, 1999. 204 с.
8. Математическая модель биометрических показателей растения салата (*Lactuca sativa* L.) в светокультуре при различных дозах облучения / С. А. Ракутько, А. П. Мишанов, А. Е. Маркова, Е. Н. Ракутько, А. В. Васькин // АгроЭкоИнженерия. 2016. № 89. С. 118–127.
9. Муравьев А. Ю. Производство салата и зеленных культур на салатных и рассадных комплексах РФ в 2007 году // Теплицы России. 2008. № 3. С. 23–26.
10. Иванова М. И., Кашлева А. И. Современное состояние исследований и основные направления селекции салата-латука // Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур : науч. труды Междунар. науч.-практ. конф., посвященной VII Квасниковским чтениям. Рязань : ГУП РО «Рязанская областная типография». 2016. С. 133–138.
11. Абиян М. В., Гиш Р. А., Подушин Ю. В. Влияние периода искусственного освещения на формирование рассады салата // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 101. С. 2199–2210.
12. Продуктивность и компонентный состав листового салата при разной интенсивности освещения в условиях защищенного грунта / И. В. Далькэ, Г. Н. Табаленкова, Р. В. Малышев, А. В. Буткин, Е. Е. Григорай // Гавриш. 2013. № 4. С. 13–16.
13. Авдеев В. И. Современные методы биометрии в исследовании растений. Оренбург : Издат. центр ОГАУ, 2015. 130 с.

## ВЛИЯНИЕ ЗАСУХИ НА РАБОТУ ФОТОСИСТЕМЫ II ГИБРИДОВ ПШЕНИЦЫ

*С. А. Чуракова*

*Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого, sveta.1917@mail.ru*

С помощью JIP-теста оценивались основные параметры флуоресценции хлорофилла *a* фотосистемы (ФС) 2 родительских линий пшеницы. Измерения проводились на флуорометре Fluor Pen FP 110/S (Photon Systems Instruments, Czech Republic). Определена корреляция функциональной активности и производительности ФС2 с основными параметрами JIP-теста. Условия засухи статистически снижали значения перфоманс-индексов, корреляционный анализ выявил статистически значимые зависимости  $PI_{ABS\_total}$  и  $PI_{ABS}$  с начальной и максимальной флуоресценциями, а также показателями работы антенных комплексов и реакционных центров по захвату фотонов и эффективности передачи электронов в ФС2.

Ключевые слова: флуоресценция, хлорофилл, селекция, OJIP-тест.

Зерновые культуры подвергаются воздействию различных стрессовых факторов в течение всего пути развития, что ограничивает их физиологические и биохимические процессы, продуктивность. Одним из самых сильных и распространенных таких факторов является засуха.

На сегодняшний день пшеница является одной из самых востребованных сельскохозяйственных культур в мире и в России в частности. По данным Федеральной службы государственной статистики [1] на 2021 г. доля посевных площадей пшеницы от общей посевной составляет 35,8 %, а урожайность – 75,9 млн т. В 2022 г. при почти той же площади собран рекордный урожай в 104,43 млн т. Определяющей причиной снижения урожайности в 2021 г. является засуха во многих регионах.

В связи с этим, актуальна селекция пшеницы и создание генотипов с адаптивными признаками, способствующими защите от засухи [2].

Фотосинтез отвечает за основные метаболические процессы, способствующие образованию биомассы растений. Поэтому очень важно изучить воздействие засухи на работу фотосинтетического аппарата и выявить закономерности с целью проведения селекционной работы. Известно, что оптимальное функционирование фотосинтеза в условиях засухи включает эффективное использование поглощенного света, устойчивость к высокой температуре и повышенную способность рассеивать избыток поглощенной энергии света [3].

Объектом исследования являлись линии яровой пшеницы Баженка\*Саратовская 29, Баженка\*Линия 2, Саратовская 29\*Баженка, Линия 2\*Баженка, Линия 2\*Маргарита, Маргарита\*Линия 2, Саратовская

29\*Маргарита, Маргарита\*Саратовская 29, Баженка\*Маргарита, Маргарита\*Баженка, Карабалыкская 98\*Маргарита, Маргарита\*Карабалыкская 98. Для оценки параметров кинетики индукции флуоресценции хлорофилла использовались двухнедельные проростки, выращенные при фотопериоде 16/8 час. (день/ночь) и комнатной температуре на полном питательном растворе. Семена проращивались в рулонах в растворе Кнопа одну неделю, затем в варианте опыта питательный раствор заменялся на 10% раствор полиэтиленгликоля до окончания эксперимента. Флуоресценцию хлорофилла *a* регистрировали на адаптированных к темноте в течение 20 минут листьях с использованием флуорометра Fluor Pen FP 110/S (Photon Systems Instruments, Czech Republic) согласно руководству производителя. Индукционные кривые флуоресценции хлорофилла *a* инициировали красным светом длиной волны 650 нм интенсивностью  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Методика и измеряемые параметры подробно описаны в статье [4]. Статистическая обработка данных проводилась в программах Microsoft Excel 2013 и StatSoft Statistica 7 с использованием методов корреляции и вариационной статистики.

Общую характеристику работы фотосистемы (ФС) 2 дают перфоманс-индексы сохранения энергии от адсорбированного фотона до редукции  $Q_B$  ( $PI_{ABS}$ ) и до акцептора ФС1 ( $PI_{ABS\_total}$ ).

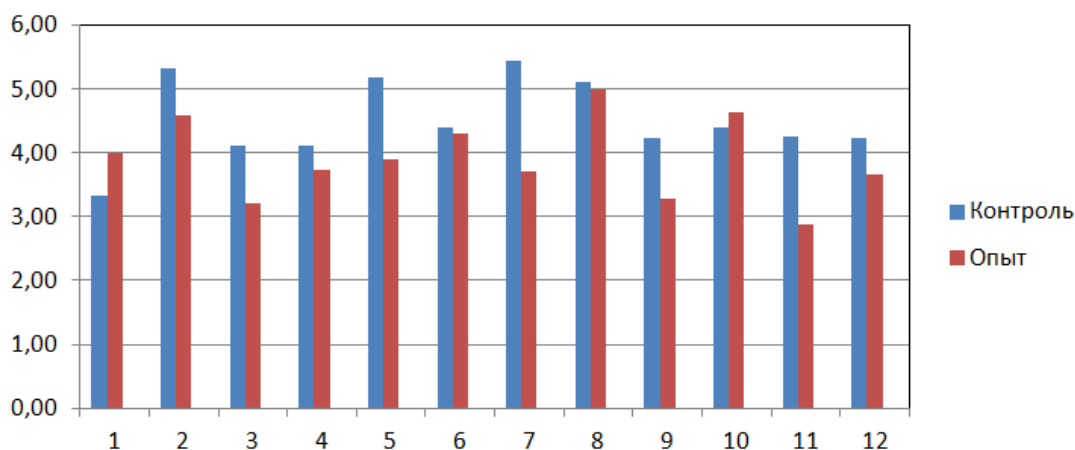
Индекс производительности системы  $PI_{ABS}$  основан на теории поглощения и рассчитывается по формуле:

$$PI_{ABS} = RC/ABS * (TR_0/ABS) / (1 - TR_0/ABS) * (ET_0/ABS) / (1 - ET_0/ABS).$$

Мультипараметрическое уравнение для трех независимых процессов фотосинтеза.  $PI$  – главный индикатор чувствительности и устойчивости растения к внешним факторам. Первый показатель (отношение) характеризует количество активных реакционных центров относительно светособирающей антенны. Второй – долю реакционных центров, участвующих в световых реакциях. Третий – связь с темновыми реакциями [5].

Как видно из рисунка 1, производительность системы в условиях засухи стабильно снижалась за исключением двух гибридов: Баженка\*Саратовская 29 и Баженка\*Маргарита. Рост  $PI_{ABS}$  опытных вариантов составил 17,79% и 5,18% соответственно. Наибольшее снижение продуктивности наблюдалось у гибридов Саратовская 29\*Маргарита и Карабалыкская 98\*Маргарита – на 31,86% и 32,39% соответственно. Интересно, что в обеих указанных парах сохранялось положение либо материнской (Баженка) формы, либо отцовской (Маргарита).

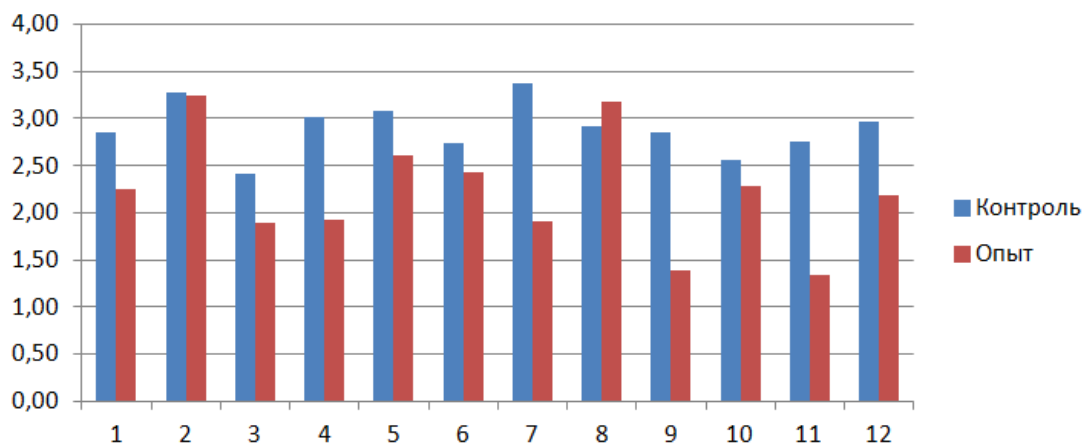
$PI_{ABS\_total}$  – общий индекс производительности, предложенный Tsimilli-Michael and Strasser (2008) [6]. Он вычисляется по формуле  $PI_{ABS\_total} = PI_{ABS} * ((RE_0/ET_0) / (1 - RE_0/ET_0))$ . Этот параметр может иметь отрицательные значения, что показывает потерю способности растения к энергосбережению [7]. В отличие от показателя функциональной активности, связанного с переносом электронов от адсорбированного фотона до редукции  $Q_B$ , индекс производительности учитывает полный перенос электронов до ФС1.



Условные единицы. 1 – Баженка\*Саратовская 29, 2 – Саратовская 29\*Баженка, 3 – Баженка\*Линия 2, 4- Линия 2\*Баженка, 5 – Линия 2\*Маргарита, 6 – Маргарита\*Линия 2, 7 – Саратовская 29\*Маргарита, 8 – Маргарита\*Саратовская 29, 9 – Маргарита\*Баженка, 10 – Баженка\*Маргарита, 11 – Карабалыкская 98\*Маргарита, 12 – Маргарита\*Карабалыкская 98.

Рис. 1. Показатель функциональной активности ФС2  $PI_{ABS}$

На рисунке 2 параметр  $PI_{ABS\_total}$  сохраняет ту же тенденцию, что и показатель функциональной активности с одним исключением в виде гибрида Маргарита\*Саратовская 29, где обнаружился рост производительности в опытном образце на 8,18%. У этого гибрида при расчете  $PI_{ABS}$  контрольное значение превышало опытное всего на 2,35%. Производительность ФС2 в засухе снизилась более чем на 50% у гибрида Карабалыкская 98\*Маргарита и на 43,49% у гибрида Саратовская 29\*Маргарита. В данном случае отцовская форма (Маргарита) повторно проявлялась у гибридов с наивысшей чувствительностью к стрессу.



Условные единицы. 1 – Баженка\*Саратовская 29, 2 – Саратовская 29\*Баженка, 3 – Баженка\*Линия 2, 4 – Линия 2\*Баженка, 5 – Линия 2\*Маргарита, 6 – Маргарита\*Линия 2, 7 – Саратовская 29\*Маргарита, 8 – Маргарита\*Саратовская 29, 9 – Маргарита\*Баженка, 10 – Баженка\*Маргарита, 11 – Карабалыкская 98\*Маргарита, 12 – Маргарита\*Карабалыкская 98.

Рис. 2. Индекс производительности ФС2  $PI_{ABS\_total}$



С помощью корреляционного анализа были определены параметры, влияющие на изменения перфоманс-индексов в условиях стресса. Как видно из таблицы, на  $PI_{ABS}$  и  $PI_{ABS\_total}$  влияли различные параметры, от минимальной флуоресценции ( $F_o$ ) до потерь энергии в процессе диссипации ( $DI_o/RC$ ). Минимальная и максимальная флуоресценции ( $F_m$ ) обладали обратной корреляцией в обоих отношениях к перфоманс-индексам. Параметры  $\psi_o$  (эффективность электронного транспорта от  $Q_A$  к  $Q_B$ ) и  $\psi_{RE}$  (суммарная эффективность электронного транспорта от ФС2 до ФС1) находились в прямой зависимости от  $PI_{ABS}$  и  $PI_{ABS\_total}$ . Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее значимыми для функциональной активности и общей производительности ФС2 являлись уровни флуоресценции при всех открытых и закрытых реакционных центрах и показатели работы антенных комплексов и реакционных центров по захвату фотонов и эффективности передачи электронов в ФС2. В категории специфических потоков энергии в пересчете на один активный реакционный центр ФС2 обратной корреляцией для обоих исследуемых параметров выделилась тепловая диссипация поглощенной энергии  $DI_o/RC$ , что логично, т.к. с потерей энергии внутри системы снижается активность и производительность всей ФС.

Таблица

**Корреляция перфоманс-индексов с параметрами флуоресценции по JIP-тесту**

Параметр	$PI_{ABS}$	$PI_{ABS\_total}$
$F_o$	-0,73	-0,64
$F_m$	-0,63	-0,59
$F_v/F_m$	0,83	–
$F_v/F_o$	0,81	–
$\psi_o$	0,89	0,86
$\delta_{RE}$	-	0,86
$\psi_{RE}$	0,68	0,93
ABS/RC	-0,65	–
TR <sub>o</sub> /RC	-0,56	–
DI <sub>o</sub> /RC	-0,83	-0,62

Неинвазивный метод определения работы ФС2 является быстрым и точным способом получить полную оценку протекания внутренних процессов. Таким образом, была выявлена тенденция определяющей роли положения материнской и отцовской формы в гибриде на работу фотосистемы 2. При корреляционном анализе выявлены 4 параметра работы ФС2, которые в значительной степени связаны с общей активностью и продуктивностью фотосинтетического аппарата. При селекционной работе эти данные дают возможность точно подобрать родительские формы и их положение для создания гибрида с необходимыми характеристиками.

### Библиографический список

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/posev-4cx\\_2022.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/posev-4cx_2022.xlsx) (дата обращения: 15.11.2022).
2. Омарова Э. И., Богданова Е. Д., Полимбетова Ф. А. Регуляция потери воды при изменении структуры листового аппарата у мягкой озимой пшеницы // Физиология растений. 1995. Т. 42. С. 435–437.
3. Anderson J. M., Chow W. S., Park Y. I. The Grand Design of Photosynthesis: Acclimation of the Photosynthetic Apparatus to Environmental Cues // Photosynth. Res. 1995. Vol. 46. P. 129–139.
4. Чуракова С. А. Связь параметров флуоресценции хлорофилла а с элементами структуры продуктивности растений ярового ячменя // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XIX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2021. С. 73–77.
5. Орехов Д. И., Калабин Г. А., Макальский Л. М. Флуоресцентный анализ влияния электрических полей гроз на состояние фотосинтеза высших растений // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. № 1. С. 24–34.
6. Tsimilli-Michael M., Strasser R. J. Experimental resolution and theoretical complexity determine the amount of information extractable from the chlorophyll fluorescence transient OJIP // Photosynthesis Energy from the Sun / eds. J. F. Allen, E. Gantt, J. H. Golbeck, B. Osmond. Springer Dordrecht, 2008. P. 697–701. doi: 10.1007/978-1-4020-6709-9\_156
7. Overexpression of gamma-tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll fluorescence measurements / M. A. Yusuf, D. Kumar, R. Rajwanshi, R. J. Strasser, M. Tsimilli-Michael, S. N. B. Govindjee // Biochim. Biophys. Acta. 2010. Vol. 1797 (8). P. 1428–1438. doi:10.1016/j.bbabi.2010.02.002

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЫРЬЯ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ (*URTICA DIOICA* L.) ИЗ РАЗНЫХ БИОТОПОВ ЩЕКИНСКОГО РАЙОНА

*Д. М. Полякова, Е. А. Ягольник, А. В. Хапкина*

*Тульский государственный университет, 89065309753a@gmail.com*

Материал данной статьи включает рассмотрение биологически активных веществ (БАВ) крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), собранной с разных биотопов. Содержание БАВ в модельном виде лекарственного растения позволяет увидеть разницу в качестве собранного сырья в зонах разного уровня антропогенной загрязненности.

Ключевые слова: крапива двудомная, биологически активные вещества, антропогенное загрязнение.

Лекарственные растения – обширная группа растений, органы и части которых являются сырьем для получения средств, используемых в народной, медицинской или ветеринарной практике с лечебными или профилактическими целями [1]. В лекарственных травах содержится большое количество биологически активных веществ (БАВ), которые обладают лечебными свойствами [2].

Актуальность этой темы состоит в том, что лекарственные растения находят все более широкое применение при лечении различных заболеваний, заменяя дорогостоящие лекарства. В разных частях растений находятся такие БАВ, которые сам человек создать не сможет, поэтому лекарственные растения могут оказывать более эффективное действие, чем современные препараты.

Цель данной работы – оценить качество сырья крапивы двудомной из разных биотопов Щекинского района.

В качестве объекта исследования была использована крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), собранная в зонах с разным уровнем антропогенного загрязнения.

Предметом исследования являлись БАВ, сосредоточенные в листьях и соцветиях модельного вида лекарственного растения.

В роли биотопов выступали:

1) рабочий поселок Первомайский, который является точкой максимальной загрязненности, в связи с большим количеством выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий и выхлопных газов от транспорта;

2) деревня Ясная Поляна, которая является точкой средней загрязненности из-за наименьшего количества предприятий, транспорта и наибольшего разнообразия растительного мира.

Крапива двудомная – многолетнее травянистое растение, густо покрытое жгучими волосками, с ползучим, деревянистым корневищем. Согласно систематике: отдел Magnoliophyta, класс Magnoliopsida, порядок Urticales, семейство Urticaceae, род *Urtica*, вид *dioica* L.

Из крапивы готовят экстракты, отвары и порошки, которые употребляют при различных заболеваниях. Настой листьев крапивы оказывает кровоостанавливающее действие, ускоряет свертывание крови и повышает содержание гемоглобина, тромбоцитов и эритроцитов в крови [3]. В качестве лекарственного сырья применяются свежая и сушеная трава, цветки [4].

Крапива двудомная – повсеместно распространенное лекарственное растение в зонах умеренного климата.

Листья и соцветия растения собирали в период цветения. Сушку собранного сырья проводили воздушно-теневым методом в теплой комнате с активной сменой воздуха (проветривание), при этом солнечные лучи не попадали на растения. Собранное сырье было рассыпано тонким слоем на газеты, оставляя проходы для перемешивания и уборки. Чтобы процесс сушки протекал быстрее и качественнее, сырье переворачивали 1–2 раза в день [6].

Для количественного анализа сырья были взяты следующие группы БАВ: фенольные соединения, дубильные вещества и рутин. Для опытов использовали водную вытяжку из крапивы двудомной.

Для определения содержания фенольных соединений был использован метод спектрофотометрии при длине волны 700 нм; для определения содержания дубильных веществ и рутина использовали метод перманганатометрии [5]. Количественное содержание выбранных БАВ представлено в таблице.

**Содержание биологически активных веществ в крапиве двудомной  
из разных биотопов**

Растение	Фенольные соединения, мкг/г		Рутин, мг%		Дубильные вещества, %	
	1	2	1	2	1	2
Крапива двудомная	0,024	0,055	0,853	0,16	0,277	1,94

*Примечание:* 1 – деревня Ясная Поляна; 2 – рабочий поселок Первомайский.

Биологическая эффективность фенольных соединений и дубильных веществ растений определяется их способностью связывать ионы металлов с образованием сложных стабильных комплексов. Потенциально, молекулы фенольных соединений и дубильных веществ могут иметь несколько сайтов связывания. При образовании комплексов изменяется пространственная структура новообразованного комплекса и повышается его антирадикальная активность, что регистрируется спектрофотометрическим методом.

Поэтому и наблюдается увеличенное содержание фенольных соединений и дубильных веществ в крапиве двудомной, собранной в биотопе с максимальной степенью загрязненности. Это связано с мобилизацией сил, направленных на нейтрализацию неблагоприятного воздействия окружающей среды на организм растения.

Рутин, являющийся гликозидом, подвержен ферментативному гидролизу, и его комплексы с металлами неустойчивы, поэтому мы и наблюдаем, что содержание рутина в крапиве двудомной, собранной в биотопе с максимальной степенью загрязненности, в несколько раз ниже, чем в более чистом биотопе.

**Библиографический список**

1. Терехин А. А., Вандышев В. В. Технология возделывания лекарственных растений : учебное пособие. М. : РУДН, 2008. 201 с.
2. Лекарственные растения [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Лекарственные\\_растения](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лекарственные_растения) (дата обращения: 01.04.2023).
3. Крапива двудомная [Электронный ресурс]. – URL: <https://okoplanet.su/ekstrim/ekstrimsovet/93490-krapiva-dvudomnaya.html> (дата обращения: 01.04.2023).
4. Травник. Самый полный справочник лекарственных растений. Описание 300 растений и способы их применения для лечения и профилактики / под ред. А. Подоляка. М. : ООО Изд-во «Эксмо», 2022. 610 с.
5. Ягольник Е. А. Методические указания по выполнению курсовых работ по дисциплине «Введение в биотехнологию» для студентов очной, заочной форм обучения. Тула : Изд-во ТулГУ, 2021. 156 с.
6. Ефремов А. П. Лекарственные растения и грибы средней полосы России : Полный атлас-определитель. М. : Фитон XXI, 2014. 504 с.

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ (ПЛОДЫ АРОНИИ ЧЕРНОПЛОДНОЙ) МЕТОДОМ БИОХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

*В. А. Козвонин<sup>1,2</sup>, А. А. Маслова<sup>2</sup>, В. К. Тупицын<sup>2</sup>, А. В. Сазанов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, usr20221@vyatsu.ru*

<sup>2</sup> *Кировский государственный медицинский университет*

В работе рассмотрена возможность оценки антиоксидантной активности растительного сырья (плоды аронии черноплодной) методом биохемилюминесценции с применением сыворотки крови в качестве модельной среды. Установлено, что плоды аронии черноплодной вызывают снижение интенсивности биохемилюминесценции, что свидетельствует о наличии в плодах антиоксидантных соединений.

Ключевые слова: биохемилюминесценция, свободнорадикальное окисление, модельная среда, сыворотка крови, плоды аронии черноплодной.

Изучение процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ), а так же методов их снижения является актуальной задачей в связи с их участием в повреждении клеточных мембран. Среди методик, использующихся для анализа ПОЛ, достаточно редкой является оценка уровня биохемилюминесценции, что возможно связано с отсутствием приборной базы. Биохемилюминометры производятся ограниченным числом предприятий и дороги в приобретении [1]. Вместе с тем, сам метод позволяет достаточно точно оценивать динамику ПОЛ в исследуемых субстратах [2].

Индукирование биохемилюминесценции (БХЛ) основано на каталитическом разложении пероксида ионами металлов с переменной валентностью. Образующиеся при этом свободные радикалы выступают инициаторами свободнорадикального окисления (СРО). В результате реакции рекомбинации перекисных радикалов, образуются продукты молекулярной природы, выделяется квант света, который и определяет наблюдаемую хемилюминесценцию. Процесс СРО вызывает вспышку интенсивности хемилюминесценции, которая в течение 30–60 секунд затухает в результате действия системы антиоксидантов, присутствующих в пробе. На интенсивность процесса хемилюминесценции оказывает влияние комплекс соединений, обладающих как прооксидантным, так и антиоксидантным действием. То есть метод дает возможность оценить уровень компенсаторных механизмов процесса СРО. В настоящей работе были изучены плоды аронии черноплодной как источник флавоноидного комплекса, обладающего антиоксидантной активностью и подавляющий активные процессы ПОЛ в модельной среде, в качестве которой применялась сыворотка крови [3]. Анализ литературных источников показал, что на данный момент практически отсутствует информация о предлагаемом

варианте модельной среды. Чаще всего с этой целью используются суспензии липосом [4]. При этом липосомы могут быть как стандартные, так и получаемые исследователем самостоятельно [5].

Цель работы – оценить возможность применения сыворотки крови животных (беспородная крыса) в качестве модельной среды для оценки антиоксидантной активности растительного сырья (плоды аронии черноплодной).

Для получения сыворотки крови животное вводилось в состояние общего наркоза, глубину наркоза оценивали по отсутствию реакции на болевые раздражители и угнетению роговичного рефлекса. Далее инсулиновым шприцом, предварительно обработанным гепарином для предотвращения свертывания крови, осуществляли пункцию камер сердца введением иглы параллельно грудине до ощущения чувства «провала». Осуществлялся забор 2 мл крови с дальнейшим отделением сыворотки путем центрифугирования в течение 20 мин. при 1500 об./мин. Для возмещения взятого объема крови животному вводили 2 мл физиологического раствора и выводили из наркоза.

Оценку антиоксидантной активности плодов аронии черноплодной проводили хемилюминесцентным методом. Уровень  $Fe^{2+}$ -индуцированной хемилюминесценции (ХЛ) определяли на биохемилюминометре БХЛ-07, согласно руководству по эксплуатации прибора.

Перед началом измерений прибор прогревался не менее 20 минут, далее кювету устанавливали в прибор и регистрировали ХЛ, наблюдая фоновый сигнал в камере в течение 30 с. Показатели фоновой активности ХЛ в измерительной камере не превышали ( $I_{max}$ ) 16 мВ.

При проведении опытов по определению собственной активности модельной системы, содержащей 0,2 мл плазмы; 0,8 мл фосфатного буфера (20 мМ  $KH_2PO_4$ , 105 мМ  $KCl$ ,  $pH = 7,40$ ); 0,8 мл  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (0,05 мМ) с внесением непосредственно перед измерением 0,4 мл свежеприготовленного 2% раствора пероксида водорода были получены средние значения  $I_{max}$ , равные  $418,33 \pm 39,54$  мВ.

Далее готовили гомогенат из плодов аронии черноплодной. Для этого измельченные плоды смешивали в равных соотношениях с плазмой для измерения показателя  $I_{max}$  по вышеописанной методике. Полученное значение  $I_{max}$  составило  $223,25 \pm 41,05$  мВ или 53% от значения, регистрируемого в исходном модельном растворе.

Таким образом, использование в качестве модельной среды плазмы лабораторных животных позволяет оценить степень подавления хемилюминесценции. Снижение ХЛ в исследуемых пробах свидетельствует о наличии антиоксидантной активности плодов аронии черноплодной. Метод БХЛ позволяет определить антиоксидантную активность растительного сырья по их тормозящему влиянию на развитие свободнорадикальных процессов в предлагаемой модельной системе.

### Библиографический список

1. Хемилюминисценция [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.chemilum.ru/hard/lum-100.asp> (дата обращения: 27.03.2023).
2. Chemiluminescent determination of total antioxidant capacity in medicinal plant material / G. K. Vladimirov, E. V. Sergunova, D. Yu. Izmaylov, Yu. A. Vladimirov // Вестник РГМУ. 2016. № 2. С. 62–68.
3. Логвинова Е. Е. Исследование групп биологически активных веществ плодов рябины черноплодной различных сортов : автореф. дис. ... канд. фарм. наук : 14.04.02. Воронеж, 2016. 23 с.
4. Бубенчиков Р. А., Дроздова И. Л. Изучение антиоксидантной активности листьев растений рода лопух и травы фиалки полевой методами ТСХ и хемилюминесцентного анализа // Вестник Ставропольского государственного университета. 2005. № 42. С. 173–176.
5. Водорезова Л. А. Фармакогностическое изучение полыни сантониковой : автореф. дис. ... канд. фармацевт. наук : 15.00.02. Пятигорск, 2006. 23 с.

### МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАРКЕРЫ В ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ *THYMUS SERPYLLUM* L.

С. А. Тоинова, Е. В. Коледаева

Кировский государственный медицинский университет,  
[toinovkaa@yandex.ru](mailto:toinovkaa@yandex.ru), [kf4@kirovgma.ru](mailto:kf4@kirovgma.ru)

Исследования в направлении поиска новых ДНК маркеров, а также применение уже существующих для идентификации лекарственных растений являются актуальными. *Thymus serpyllum* L. (чабрец) сем. Lamiaceae (яснотковые) культивируется на территории Кировской области, а также входит в фармакопею РФ. Был проведен поиск молекулярного маркера для идентификации чабреца среди близкородственных растений, произрастающих на территории нашего региона.

Ключевые слова: биоидентификация, ДНК-штрихкодирование, ДНК-баркодинг, молекулярный маркер, чабрец, фармакогнозия, лекарственное сырье, ДНК.

Лекарственное сырье – основной источник для создания медицинских препаратов. Молекулярная идентификация лекарственного сырья растительного происхождения играет большую роль в обеспечении безопасности и эффективности применения лекарственных средств – важной части персонализированной медицины. Только при использовании современных методов молекулярной идентификации растений (ДНК-штрихкодирование) из перечня видов, включенных в фармакопею Российской Федерации (РФ), возможно более тщательно отслеживать качество сырья по всей цепочке производства фармакологических препаратов. Это необходимо, так как на рынке лекарственных препаратов растительного происхождения все чаще обнаруживается несоответствие заявленному в инструкции составу, подтверждение этому –

ряд работ, вышедших в последнее время [1]. Возможно, это происходит из-за загрязнения во время сбора и транспортировки лекарственного сырья. К тому же заготовка лекарственных растений в промышленных масштабах не всегда гарантирует соблюдение всех правил. Использование методов ДНК-штрихкодирования (ДНК-ШК) для целей фармакогнозии находится на начальной стадии своего развития. Поэтому, в настоящее время, исследования в направлении поиска новых ДНК маркеров, а также применение уже существующих для идентификации лекарственных растений являются актуальными. Нас заинтересовал *Thymus serpyllum* L. (чабрец) сем. Lamiaceae (яснотковые), который культивируется на территории Кировской области. Это растение является лекарственным и входит в фармакопею РФ.

В настоящее время растет количество работ, направленное на внедрение протоколов метода ДНК-ШК в государственные фармакопеи, как гаранта надежного и высокопроизводительного скрининга растительного сырья [1–3], в том числе в промышленных масштабах [4]. Частным примером этому является анализ 106 видов лекарственных растений, входящих в китайскую фармакопею, и связанных с ними ядовитых растений, показал, что последовательности ITS2 обладают достаточным уровнем полиморфизма для идентификации ядовитых растений и других примесей растительного происхождения среди исследуемых видов лекарственных растений [5]. Таким образом, преимущество молекулярной идентификации (ДНК-ШК) лекарственного сырья перед другими стандартными методами очевидно:

- снимается вопрос привлечения узких специалистов для видовой идентификации растений;
- обнаружение и видовая идентификация примесей при их наличии (то, что можно не заметить невооруженным взглядом, будет обнаружено);
- достаточно небольшое количество образца для анализа;
- можно идентифицировать уже переработанное сырье, которое невозможно определить по морфологическим признакам, даже узким специалистам.

Исходя из вышесказанного, целью нашей работы являлся поиск ДНК маркеров для идентификации лекарственного растения *Th. serpyllum*, культивируемого на территории Кировской области.

В качестве примера исследованы молекулярные маркеры, используемые в ДНК-ШК растений, для части таксонов семейства яснотковые, произрастающих на территории Кировской области. Некоторые представители данного семейства являются лекарственными растениями и входят в фармакопеи Российской Федерации и других стран. В частности, лекарство, изготовленное на основе экстракта *Th. serpyllum*, полезно людям, подверженным острым и хроническим заболеваниям дыхательных путей, бронхиальной астме и туберкулезу. Жидкий экстракт из листьев входит в состав препарата «Пертуссин», применяемого при бронхитах. Тимьян ползучий обладает бактерицидным, успокоительным, болеутоляющим, ранозаживляющим и антигельминтным действием [6].



Для видовой идентификации растений с использованием метода ДНК-ШК используют один из четырех молекулярных маркеров, или их комбинации. Этими маркерами являются последовательности гена *rbcL*, гена *matK* и межгенный спейсер *trnH-psbA* хлоропластной ДНК, а также последовательность внутреннего транскрибируемого спейсера два (ITS2) ядерной ДНК.

Из базы данных Genbank взяты ДНК-последовательности (*rbcL*, *matK*, *trnH-psbA* и ITS2) для видов семейства яснотковые, встречающихся во флоре Кировской области (табл.).

Таблица

**Сравнительная таблица последовательностей маркеров видов семейства яснотковые, встречающихся в Кировской области**

Виды	ДНК-маркеры			
	<i>rbcL</i>	<i>matK</i>	ITS2	<i>trnH-psbA</i>
Живучка ползучая – <i>Ajuga reptans</i> L.				
Зеленчук желтый – <i>Galeobdolon luteum</i> Huds.				
Пикульник двенадцезантый – <i>Galeopsis bifida</i> Voenn.				
Будра плющевидная – <i>Glechoma hederacea</i> L.				
Яснотка белая – <i>Lamium album</i> L.				
Яснотка стеблеобъемлющая – <i>Lamium amplexicaule</i> L.				
Яснотка крапчатая – <i>Lamium maculatum</i> L.				
Яснотка пурпурная – <i>Lamium purpureum</i> L.				
Пустырник сердечный – <i>Leonurus cardiaca</i> L.				
Зюзник европейский – <i>Lycopus europaeus</i> L.				
Мята полевая – <i>Mentha arvensis</i> L.				
Душица обыкновенная – <i>Origanum vulgare</i> L.				
Черноголовка обыкновенная – <i>Prunella vulgaris</i> L.				
Шлемник обыкновенный – <i>Scutellaria galericulata</i> L.				
Чистец болотный – <i>Stachys palustris</i> L.				
Тимьян ползучий – <i>Thymus serpyllum</i> L.				

*Примечание:* прямоугольник черного цвета – маркерная последовательность ДНК позволяет идентифицировать вид; прямоугольник белого цвета – маркерной последовательности ДНК для вида нет в международной базе генетических данных; прямоугольник серого цвета – маркерная последовательность ДНК для вида есть в международной базе генетических данных, но она его не идентифицирует.

Сравнительный анализ маркерных последовательностей показал, что самым пригодным маркером для идентификации видов из нашего списка (табл.) является последовательность ITS2. Это обусловлено тем, что он представлен у всех анализируемых видов семейства, а также является полиморфным для них, т.е. уникален для каждого из видов конспекта, в том числе лекарственного растения *Th. serpyllum*.

На основании полученных данных проведен молекулярно-филогенетический анализ, результаты которого отображены на рисунке. Филогенетические деревья показывают родство между видами на основании сравнения их ДНК. В результатах представлено древо, которое построено по маркеру ITS2 с целью показать, что данная последовательность ДНК полиморфна для каждого вида из нашего списка.

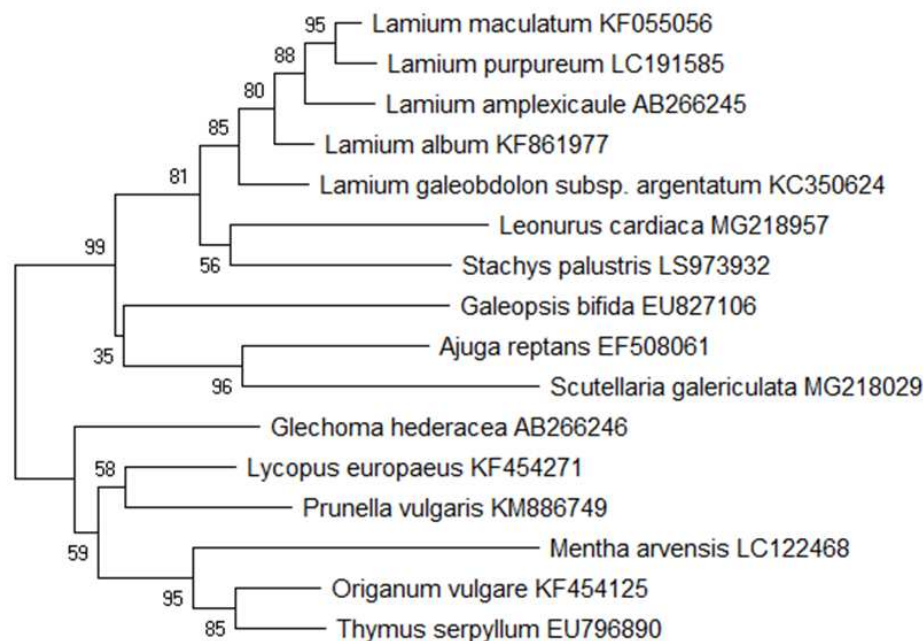


Рис. Визуализация результатов молекулярно-филогенетического анализа представителей семейства яснотковые, полученная на основании сравнения последовательностей молекулярного маркера ITS2 ядерной ДНК

В результате работы установлено, что оптимальным ДНК маркером для идентификации растения *Th. serpyllum*, а также остальных видов из нашего списка является последовательность ITS2.

Использование этого маркера позволит избежать попадания примесей других растений на всех этапах заготовки растительного сырья, в том числе ядовитых растений. Таким образом, знание компонентного состава лекарственного сырья как растительного, так и животного происхождения, имеет большое значение. Прежде всего, это необходимо для своевременного выявления и избегания фальсификатов на рынке лекарственных препаратов.

#### Библиографический список

1. Mezzasalma V., Ganopoulos I., Galimberti A. Poisonous or non-poisonous plants? DNA-based tools and applications for accurate identification. Review // Int. J. Legal. Med. 2017. Vol. 131. P. 1–19. doi: 10.1007/s00414-016-1460-y
2. Pei Y. F., Zhang Q. Z., Wang Y. Z. Application of authentication evaluation techniques of ethnobotanical medicinal plant genus *Paris*: a review // Critical Reviews in Analytical Chemistry. 2019. doi: 10.1080/10408347.2019.1642734
3. Жохова Е. В., Родионов А. В., Повыдыш М. Н. Современное состояние и перспективы использования ДНК-ШК и ДНК-фингерпринтинга для анализа качества лекар-

ственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов // Успехи современной биологии. 2019. № 1. С. 25–40.

4. DNA barcoding of medicinal plant material for identification / N. Tehen, I. Parveen, Z. Pan, I. A. Khan // Current Opinion in Biotechnology. 2014. Vol. 25. P. 103–110. doi: 10.1016/j.copbio.2013.09.010

5. Liu M., Xi-Wen L. I., Bao-Sheng L. Species identification of poisonous medicinal plant using DNA barcoding // Chinese Journal of Natural Medicines. 2019. Vol. 17. No. 8. P. 585–590. doi: 10.1016/S1875-5364(19)30060-3

6. Блинова К. Ф., Борисова Н. А., Гортинский Г. Б. Ботанико-фармакогностический словарь : справ. пособие / под ред. К. Ф. Блиновой, Г. П. Яковлева. М. : Высш. шк., 1990. 246 с.

## **ВЕЩЕСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ЗАЩИТЕ ДРЕВЕСИНЫ ОТ ДЕЙСТВИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ-ДЕСТРУКТОРОВ**

*С. Г. Скугорева*

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

Природные соединения растительного происхождения такие, как эфирные масла, танины, экстрактивные вещества древесины, обладают высокой антагонистической активностью по отношению к различным группам микроорганизмов, что позволяет их рассматривать в качестве альтернативы химическим антисептикам.

Ключевые слова: древесина, биоповреждения, биозащита, антисептики, эфирные масла, танины, экстрактивные вещества древесины.

Древесина широко используется в строительстве жилых и производственных зданий, изготовлении мебели и т. д. Основным недостатком древесины является ее деструкция под действием различных факторов среды. Целлюлоза – источник питания для различных групп микроорганизмов, что обуславливает ее микробиологическую деструкцию [1].

Традиционно используют способы защиты древесины, основанные на применении различных антисептиков [2]. Среди антисептиков в последние годы распространение получили препараты, синтезируемые из отходов различных промышленных производств [3, 4]. Перспективными для защиты древесины от микробиологической деструкции могут быть биопрепараты на основе цианобактерий [1, 5, 6]. Наряду с этим появляется всё больше сведений об использовании органических соединений растительного происхождения, которые негативно действуют на микробов-разрушителей древесины.

Цель данной работы – обзор и анализ литературных данных о возможности применения веществ растительного происхождения в защите древесины от действия микроорганизмов-деструкторов.

Эфирные масла, образуемые растениями, обладают чрезвычайно сильными физиологическими и фармакологическими свойствами. Установлена высокая противогрибковая эффективность масел базилика душистого, тмина обыкновенного, тимьяна обыкновенного [7], коричника цейлонского [8], членобородника лимонного, пеларгонии ароматной, гвоздичного дерева [9]. Она обусловлена присутствием в маслах монотерпенов:  $\beta$ -цитронеллола, карвакрола, цитраля, эвгенола, изоэвгенола, гераниола, тимола, коричневого и  $\alpha$ -метилкоричного альдегидов, 2-метилкоричной кислоты,  $\alpha$ -кадинола, элемола и азадирахтина [10]. Недостаток использования масел: легкое выщелачивание из древесины, что не позволяет их использовать для защиты древесины, эксплуатируемой на открытом воздухе [8].

Танины – это полифенольные природные соединения, вырабатываемые большинством высших растений для защиты от патогенных микроорганизмов. Высокая противогрибковая активность установлена для экстрактов из коры сосны приморской, сосны калабрийской, пихты Нордмана [11], из листьев дуба валония [12]. Недостаток использования танинов – плохая фиксация в структуре древесины и быстрое выщелачивание.

Некоторые породы древесины обладают высокой естественной устойчивостью к деструкции из-за присутствия различных экстрактивных веществ. К экстрактивным веществам относят терпеноиды, терпены, флавоноиды, дубильные вещества и др. Их противогрибковая эффективность основана на различных механизмах, включая прямое взаимодействие с ферментами грибов, нарушение структуры клеточных стенок и клеточных мембран или антиоксидантную активность [13, 14].

Высокой прочностью и устойчивостью к микробиологическому разложению характеризуется тиковое дерево за счёт таких экстрактивных соединений, как антрахиныны, тектохиноны, дезоксилапахол, изолапахол и дегидротектол [15, 16]. Устойчивость сердцевины ели европейской к бурой гнили обусловлена наличием фунгитоксичной гидрофобной смолы, а сердцевины лиственницы курильской – большим количеством различных антиоксидантов [17]. Высокая противогрибковая активность экстрактов коричника камфорного обусловлена присутствием в экстракте камфоры и  $\alpha$ -терпинеола [18].

Наиболее распространённые проблемы древесных экстрактов, применяемых для противогрибковой обработки древесины, – непостоянство биологической активности, вымываемость из древесины.

Экстракты камелии китайской и кофе аравийского показали высокое ингибирующее действие на грибы [19]. Механизм фунгистатической активности кофеина включает его повреждающее действие на клеточную стенку и клеточную мембрану грибов [20].

Водные экстракты кофейной серебристой кожицы содержат хлорогеновую кислоту и производные кофеина, способные ингибировать рост и развитие патогенных грибов [21]. Недостатком кофеина является его быстрое выщелачивание из древесины.

Противогрибковой активностью обладают экстракты ядовитого растения олеандра обыкновенного [22], лишайника уснеи бородатой, омелы белой [23]. Противоплесневые свойства экстракта акации ивовой обусловлены присутствием бензойной кислоты, кофеина, нарингенина и кверцетина [24]. Экстракты плодов витании снотворной значительно ограничивали рост мицелия патогенных грибов [25]. Противогрибковая активность этих экстрактов обусловлена действием алкалоидов, флавоноидов, гликозидов, сапонинов или дубильных веществ.

Таким образом, природные соединения растительного происхождения имеют большой потенциал в защите древесины, поскольку обладают широким спектром антимикробной активности. Они являются возобновляемыми, легкодоступными или рентабельно получаемыми из отходов, нетоксичны или обладают гораздо меньшей токсичностью, чем традиционные химические биоциды, безвредны для окружающей среды. К их недостаткам относят высокую гетерогенность в зависимости от источника, из которого они получены, отсутствие надлежащего удерживания внутри пропитанной древесной ткани, лёгкое выщелачивание, селективную или неравномерную активность против отдельных видов грибов, высокую восприимчивость к биоразложению. Некоторые из этих недостатков можно решить, сочетая органические биоциды с другими консервантами древесины.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги», номер государственной регистрации в ЕГИСУ № 1220401000325.*

#### **Библиографический список**

1. Биозащита древесины от микробных повреждений (обзор) / С. Г. Скугорева, Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова, П. А. Стариков, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 1. С. 6–15. doi: 10.25750/1995-4301-2023-1-006-015
2. Защита древесины от разрушения с использованием антисептиков, получаемых из промышленных отходов (обзор) / С. Г. Скугорева, Л. В. Трефилова, Л. И. Домрачева, Г. Я. Кантор, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 6–13. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-006-013
3. Мазаник Н. В. Современные биозащитные средства для древесины // Труды БГГУ. № 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2011. № 2. С. 181–184.
4. Молдурушку М. О. Проблема отходов мышьякосодежащих производств // Природные ресурсы, среда и общество. 2020. № 2 (6). С. 76–78. doi: 10.24411/2658-4441-2020-10019
5. Экзометаболиты почвенных цианобактерий как стратегии выживания в природных и техногенно нарушенных экосистемы / Л. И. Домрачева, А. И. Фокина, А. Л. Ковина, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 4. С. 15–23. doi: 10.25750/1995-4301-2019-4-015-023
6. Микробы-антагонисты против фитопатогенных бактерий и грибов (обзор) / Л. И. Домрачева, С. Г. Скугорева, П. А. Стариков, Е. А. Горностаева, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 6–14. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-006-014

7. Effect of the antifungal activity of oxygenated aromatic essential oil compounds on the white-rot *Trametes versicolor* and the brown-rot *Coniophora puteana* / K. Voda, B. Boh, M. Vrtačnik, F. Pohleven // *Int. Biodeter. Biodegr.* 2003. Vol. 51. No. 1. P. 51–59. doi: 10.1016/S0964-8305(02)00075-6
8. Chittenden C., Singh T. Antifungal activity of essential oils against wood degrading fungi and their applications as wood preservatives // *Int. Wood Prod. J.* 2011. Vol. 2. No. 1. P. 44–48. doi: 10.1179/2042645311Y.0000000004
9. Antifungal activity of several essential oils and major components against wood-rot fungi / Y. Xie, Z. Wang, Q. Huang, D. Zhang // *Ind. Crops Prod.* 2017. Vol. 108. No. 1. P. 278–285. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.06.041
10. Broda M. Natural compounds for wood protection against fungi – a review // *Molecules.* 2020. Vol. 25. No. 15. Article No. 3538. doi: 10.3390/molecules25153538
11. A comparison between some wood bark extracts: antifungal activity / Ö. Özgenç, S. Durmaz, Ü. C. Yıldız, E. Erişir // *Kastamonu Üniv. Orman Fakültesi Dergisi.* 2017. Vol. 17. No. 3. P. 502–508. doi: 10.17475/kastorman.282637
12. Sen S., Tascioglu C., Tırak K. Fixation, leachability, and decay resistance of wood treated with some commercial extracts and wood preservative salts // *Int. Biodeter. Biodegr.* 2009. Vol. 63. No. 2. P. 135–141. doi: 10.1016/j.ibiod.2008.07.007
13. Singh T., Singh A. P. A review on natural products as wood protectant // *Wood Sci. Technol.* 2012. Vol. 46. No. 5. P. 851–870. doi: 10.1007/s00226-011-0448-5
14. Impact of extractive chemical compounds from durable wood species on fungal decay after impregnation of nondurable wood species / P. Sablík, K. Giagli, P. Pařil, J. Baar, P. Rademacher // *Eur. J. Wood Wood Prod.* 2016. Vol. 74. No. 2. P. 231–236. doi: 10.1007/s00107-015-0984-z
15. Potential of teak heartwood extracts as a natural wood preservative / V. F. Brocco, J. B. Paes, L. G. Costa, S. Brazolin, M. D. C. Arantes // *J. Clean. Prod.* 2017. Vol. 142. No. 4. P. 2093–2099. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.11.074
16. Formation of heartwood, chemical composition of extractives and natural durability of plantation-grown teak wood from Mexico / R. R. Anda, G. Koch, H.-G. Richter, F. J. F. Talavera, J. A. S. Guzmán, K. G. Satyanarayana // *Holzforschung.* 2019. Vol. 73. No. 6. P. 547–557. doi: 10.1515/hf-2018-0109
17. Hydrophobic and hydrophilic extractives in norway spruce and kurile larch and their role in brown-rot degradation / S. Füchtner, T. Brock-Nannestad, A. Smeds, M. Fredriksson, A. Pilgård, L. G. Thygesen // *Front. Plant Sci.* 2020. Vol. 11. Article No. 855. doi: 10.3389/fpls.2020.00855
18. Chemical composition and antifungal activity of extracts from the xylem of *Cinnamomum camphora* / Q. Li, X.-X. Wang, J.-G. Lin, J. Liu, M.-S. Jiang, L.-X. Chu // *BioResources.* 2014. Vol. 9. No. 2. P. 2560–2571.
19. Arora D.S., Ohlan D. *In vitro* studies on antifungal activity of tea (*Camellia sinensis*) and coffee (*Coffea arabica*) against wood-rotting fungi // *J. Basic Microbiol.* 1997. Vol. 37. No. 3. P. 159–165. doi: 10.1002/jobm.3620370302
20. Metabolic changes of caffeine in tea plant (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) as defense response to *Colletotrichum fructicola* / Y.-C. Wang, W.-J. Qian, N.-N. Li, X.-Y. Hao, L. Wang, B. Xiao, X.-C. Wang, Y.-J. Yang // *J. Agric. Food Chem.* 2016. Vol. 64. No. 35. P. 6685–6693. doi: 10.1021/acs.jafc.6b02044
21. Revalorization of coffee silverskin as a potential feedstock for antifungal chemicals in wood preservation / A. Barbero-López, J. Monzó-Beltrán, V. Virjamo, J. Akkanen, A. Haapala // *Int. Biodeter. Biodegr.* 2020. Vol. 152. Article No. 105011. doi: 10.1016/j.ibiod.2020.105011
22. Application of extracts from the poisonous plant, *Nerium oleander* L., as a wood preservative / O. Goktas, R. Mammadov, M. E. Duru, E. Ozen, A. M. Colak // *Afr. J. Biotechnol.* 2007. Vol. 6. No. 17. P. 2000–2003.

23. Possibility of using lichen and mistletoe extracts as potential natural wood preservative / Ü. C. Yildiz, C. Kiliç, A. Gürgen, S. Yildiz // *Maderas-Cienc. Tecnol.* 2020. Vol. 22. No. 2. P. 179–188. doi: 10.4067/S0718-221X2020005000204

24. Antifungal, antibacterial, and antioxidant activities of *Acacia saligna* (Labill.) HL Wendl. flower extract: HPLC analysis of phenolic and flavonoid compounds / A. A. Al-Huqail, S. I. Behiry, M. Z. M. Salem, H. M. Ali, M. H. Siddiqui, A. Z. Salem // *Molecules.* 2019. Vol. 24. No. 4. Article No. 700. doi: 10.3390/molecules24040700

25. The potential antibacterial and antifungal activities of wood treated with *Withania somnifera* fruit extract, and the phenolic, caffeine, and flavonoid composition of the extract according to HPLC / M. EL-Hefny, M. Z. M. Salem, S. I. Behiry, H. M. Ali // *Processes.* 2020. Vol. 8. No. 1. Article No. 113. doi: 10.3390/pr8010113

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ ИЗ ЛИШАЙНИКОВ В КАЧЕСТВЕ АДАПТОГЕНОВ И ИММУНОСТИМУЛЯТОРОВ

**О. Б. Жданова<sup>1,2</sup>, О. В. Часовских<sup>1,2</sup>, Е. Б. Дунаева<sup>1</sup>, А. В. Вишняков<sup>1</sup>,  
Л. Р. Мутшвили<sup>1</sup>, А. Д. Данилова<sup>1</sup>, Т. Д. Пушкарева<sup>1</sup>, М. М. Махнев<sup>1</sup>,  
Е. А. Заболотских<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Кировский государственный медицинский университет,  
*oliabio@yandex.ru*

<sup>2</sup> Вятский государственный агротехнологический университет,  
*beoli@mail.ru*

В статье представлен опыт изучения свойств лишайников на биологических моделях. Определены варианты применения лишайников в качестве БАДов. Выявлены места произрастания лишайников, методы их сбора и хранения. Установлено, что в Кировской области имеется разнообразная лишайниковая биота, являющаяся ценным сырьем для фармацевтической промышленности, которая требует дальнейшего изучения.

Ключевые слова: лишайник, биологическая добавка, экспериментальная модель.

В Кировской области лишайники начали изучать более двух веков назад. В 1809 г. впервые А. И. Вештомов представляет рукописную работу-атлас «Вятскую флору, рисованную с самой природы» с нарисованными акварелью местными растениями, где описано 30 видов лишайников, главным образом для окрестностей г. Вятки. Позднее Н. А. Буш при изучении флоры некоторых уездов Вятской губернии наряду с высшими растениями приводит сведения о 7 видах лишайников с указанием их точных местонахождений. Три вида лишайников при этом указываются впервые для Вятского края. Некоторые сведения о лишайниках окрестностей г. Вятки приводит З. А. Рудаевская-Лукаш. Ею указывается 11 видов лишайников, три из которых были отмечены автором впервые для Вятской губернии [1]. Позднее были обработаны сборы, хранящиеся в гербарии краеведческого музея, по семейству пельтигеровые [2, 3]. Авторами описано 20 видов, разновидностей и форм

лишайников с указанием их распространения на территории Вятской губернии и условий обитания, было выявлено 77 таксонов лишайников, как эпифитных, использующих в качестве субстрата кору деревьев, так и напочвенных. Изучение лишайников проводилось в различных типах соснового леса на стволах сосны, ели, пихты, осины. В 1929 г. П. Н. Никольский на основании анализа литературы с 1909 по 1927 годы составляет список лишайников Вятского края, включающий 104 таксона (виды, разновидности и формы) [3]. Следующее важное исследование состояния лишайниковых группировок было предпринято в 1987–1988 гг., при этом выявили 44 вида лишайников. Сравнительный анализ флоры лишайников показал некоторые изменения: уменьшилось общее видовое разнообразие лишайников в результате антропогенного фактора [4].

Всего в Кировской области зарегистрировано более 200 видов, разновидностей и форм лишайников. Часть видов занесена в Красные книги. Наибольшим видовым разнообразием отличается семейство кладониевые, включающее более 70 таксонов. Лишайники содержат ряд биологически активных веществ (лихенин; аминокислоты: аланин, лизин, тирозин, триптофан; пектиновые вещества). Также можно отметить наличие ферментов (амилаза, каталаза, лихеназа, инвертаза) и витаминов (аскорбиновая кислота, биотин, цианокобаламин, никотиновая кислота, пантотеновая кислота, рибофлавин, тиамин, фолиевая кислота), а также атранорин, фумарпротоцетрариевая, гидрофоровая, леканоровая, салациновая, усниновая кислоты [2, 3–5]. В 1947 г. немецкими учеными был получен первый антибиотический препарат из лишайников под названием «Эвозин». Этот препарат представляет собой смесь эверниевой и усниновой кислот. В Ботаническом институте АН СССР создан медицинский препарат «Бинан». Основой для получения препарата также являлась усниновая кислота. Исходным сырьем для приготовления препарата служат различные лишайники, содержащие в слоевищах данную кислоту, – виды *Cladonia*, *Usnea*, *Alectoria*, *Parmelia* и др. Препарат представляет собой наружное антимикробное средство для лечения гнойных процессов в раневых поверхностях [5, 6]. Доказано, что усниновая кислота обладает противомикробным, противораковым, антиоксидантным и гепатопротекторным, антималярийным действиями [2, 7].

Учитывая вышесказанное, была предпринята попытка применения механообработанного лишайника *Cladonia* в качестве адаптогена и иммуностимулятора. Были проведены исследования на белых беспородных мышамсамцах весом 0,026+0,003 кг, получавших сбалансированный гранулированный корм для грызунов, разделенных на две группы: 1–я группа получала препарат из лишайника по 50 мг на животное в течение 2-х недель с перерывом 2 дня; контрольным животным выпаивали физраствор в аналогичном объеме. Проводили испытания в тестах «принудительное плавание». Каждое животное по одному самцу помещали в емкость с водой, глубиной более 40 см, т. е. достаточного размера для того, чтобы мыши в нем могли свободно плавать с грузом. Температура воды поддерживалась в пределах +29...+30 °С.



Окончанием теста считали полное погружение под воду более чем на 5 сек. В данном тесте установлено, что мыши опытной группы показали значительное увеличение времени плавания в 2,9 раза.

Также препарат применяли для лечения экспериментально воспроизведенных повреждений кожи, в этом случае отмечали ускорение заживления и сокращения площади травматизации на 33,33% по сравнению с контролем.

Наиболее интересные результаты получены при скармливании механически обработанного ягеля мышам, спонтанно инвазированным сифациями. У инвазированных животных наблюдали снижение интенсивности инвазии на 62% и экстенсивности на 25%. Вышесказанное может быть обусловлено как иммуностимулирующим действием ягеля, так и прямым нематоцидным действием [7–9].

Учитывая вышесказанное, были проведены экспедиции на территории Слободского и Кирово-Чепецкого районов. Установлено, что кладония широко распространена, также регистрировали более 30 видов лишайников (*Lecanora*, *Parmelia*, *Candelaria*, *Cetraria*, *Cornicularia*, *Ramalina* и др.). Из вышеперечисленных лишайников хорошо изучены свойства цетрарии, в то время как о лечебных свойствах остальных лишайников имеются лишь отрывочные сведения [7, 9–11].

Таким образом, в Кировской области имеется разнообразная лишайниковая биота, являющаяся ценным сырьем для фармацевтической промышленности, которая требует детального изучения. На основании обзора данных литературы и собственных исследований можно утверждать, что изучение биологических свойств лишайников является важной задачей. Возможность получения новых препаратов позволит найти новые препараты для борьбы с заболеваниями, гельминтами и бактериями. Также требуются дальнейшие исследования для расширения знаний о применении адаптогенов, полученных из лишайников [11, 12].

#### Библиографический список

1. Рудаевская-Лукаш З. А. Материалы к флоре Вятской губернии : обзор растений, собр. в р-не учеб. совхоза Вят. пед. ин-та им. В. И. Ленина. Вятка : Изд-во авт., 1926. 34 с.
2. Фокин А. Д., Никольский П. Н. К лишайниковой флоре Вятского края. Сем. *Peltigeraceae* // Тр. Вятского государственного музея. Вятка, 1927. С. 3–22.
3. Никольский П. Н. Лишайниковые формации Медведского бора // Известия Главного ботанического сада СССР. Л., 1930. Т. XXVII. С. 22–37.
4. Природа, хозяйство, экология Кировской области / под ред. В. И. Колчанова. Киров, 1996. 187 с.
5. Равинская А. П. Лишайниковые кислоты и их биологическая роль // Новости систематики низших растений. 1984. Т. 21. С. 160–179.
6. Будаева С. Э., Сангидорж Б. Практическое использование лишайников Бурятии // Вестник Бурятского государственного университета. 2010. № 1. С. 123–127.
7. Шербакова А. И., Коптина А. В., Канарский А. В. Биологически активные вещества лишайников // Лесной журнал. 2013. № 3. С. 7–16.
8. Жданова О. Б., Написанова Л. А., Репина Е. В. Сравнительное изучение топографии кишечочно-ассоциированной лимфоидной ткани стенки кишечника у песка при гель-

минтозах // Труды Всероссийского НИИ гельминтологии имени К. И. Скрябина. 2006. Т. 42. С. 131–138.

9. Окружающая природная среда Кировской области : материалы научных исследований / под ред. Т. Я. Ашихминой, В. М. Сюткина, Н. А. Буркова. Киров : Вятский госпединститут, 1996. 329 с.

10. Определитель растений Кировской области / под ред. И. А. Шабалиной. Ч. 1. Киров, 1975. 256 с.

11. Яцына А. П. Практикум по лишайникам. Витебск, 2012. 224 с.

12. Лыскова Н. С., Базарнова Ю. Г., Кручина-Богданов И. В. Изучение состава и свойств вторичных метаболитов лишайника *Usnea barbata* // Химия растительного сырья. 2018. № 1. С. 121–127.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ ИЗ МХА В КАЧЕСТВЕ СТИМУЛЯТОРОВ РЕГЕНЕРАЦИИ

*О. Б. Жданова<sup>1,2</sup>, А. А. Рыболовлева<sup>1</sup>, С. А. Тоинова<sup>1</sup>,  
Е. Б. Дунаева<sup>1</sup>, Л. Р. Мутаошвили<sup>1</sup>, О. В. Часовских<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Кировский государственный медицинский университет, *oliabio@yandex.ru*

<sup>2</sup> Вятский государственный агротехнологический университет,  
*beoli@mail.ru*

В статье представлен опыт изучения свойств стимулятора регенерации на основе механообработанного сфагнома на динамику раневого процесса у белых крыс в сравнении с облепиховым маслом. Были проведены сравнительные исследования масляных вытяжек (1 : 2) мха сфагнум и облепихового масла и установлена эффективность их применения при ожогах.

Ключевые слова: мхи, сфагнум, экспериментальные модели, ожог.

Мхи на протяжении веков применяются в практической медицине во многих странах. В Китае сфагновым отваром лечили болезни глаз. В России сфагнум применяли для лечения инфицированных ран, ревматизма, радикулита, артритов и язв. Его издавна использовали в качестве эффективного наружного средства для лечения раневых патологий, особенно для заживления гнойных ран. Мхи получили широкое распространение в качестве перевязочных средств [1–7]. Активное применение мха в России началось с 1882 г. в Николаевском военном госпитале и Мариинской больнице в г. Санкт-Петербурге. Интерес к использованию мхов всегда многократно возрастал во время войн из-за недостатка перевязочных материалов. Торфяные мхи активно применяли во время войн 1800–1814 гг., 1870–1871 гг., 1904–1905 гг., 1914–1918 гг. и 1941–1945 гг. [3]. Однако данные исследования были эпизодическими, а изучение биологически активных веществ сфагновых мхов происходило очень медленно, и до сих пор мхи не вошли в список официальных лекарственных растений. Учитывая вышесказанное, были проведены сравнительные исследования масляных вытяжек (1 : 2) мха сфагнум и облепихового масла.

Известно, что облепиховое масло смягчает кожу и улучшает регенерацию тканей. Препарат подходит для лечения инфицированных и плохо заживающих ран, ожогов, язв, экземы и дерматита. Стимулирует репаративные процессы при поражениях кожи и слизистых оболочек различной этиологии (раневые, лучевые, ожоговые, язвенные). Оказывает общеукрепляющее действие, обладает антиоксидантным и цитопротекторным действием. Уменьшает интенсивность свободно-радикальных процессов и защищает от повреждения клеточные и субклеточные мембраны. Фармакологическое действие обусловлено наличием в препарате каротина (провитамина А), токоферолов (витамина Е) и других липофильных веществ. Облепиховое масло применяют в комплексной терапии в качестве ранозаживляющего средства при поражениях кожи и слизистых оболочек.

Целью данной работы явилось изучение влияния стимулятора регенерации на основе механообработанного сфагнома на динамику раневого процесса у белых крыс в сравнении с облепиховым маслом.

Исследования проводили на 11 белых лабораторных крысах (4-х месячные самцы с массой тела  $250,0 \pm 20,5$  г). Животных содержали в условиях вивария ФГБОУ ВПО КГМУ. Содержание, кормление, уход за животными и выведение их из эксперимента осуществляли в соответствии со строгим соблюдением принципов, изложенных в Конвенции по защите животных, используемых для экспериментальных целей (Хельсинская декларация) и согласно правилам лабораторной практики Российской Федерации (приказ МЗ РФ № 267 от 19.06.2003).

Для оценки регенерации при заживлении кожных ран животные были разделены на 2 группы. Для моделирования асептической раны под наркозом 8 крысам производили воспроизведение ожога на выбритом от шерсти участке, с повреждением размером 2,1 см х 2,1 см. Животным (4) опытной группы перкутанно наносили препарат – стимулятор регенерации «Сфагнум», 4 крысам наносили облепиховое масло и 3 были контрольными.

Планиметрическими методами оценивали скорость заживления раны, которая представляет собой величину, характеризующую изменение площади раны за единицу времени. Площадь рассчитывали по методу J. I. Kundin [6, 8]. Измеряли длину и ширину раны таким образом, чтобы эти величины были наибольшими и располагались по перпендикулярным осям. Рассчитывали площадь раны по формуле:

$$S \text{ раны} = \pi \cdot R_1 \cdot R_2,$$

где  $R_1$  – большой радиус,  $R_2$  – малый радиус (ширина),  $\pi = 3,14$ .

Для определения процента уменьшения площади раны рассчитывали отношение:

$$(S_1 - S_2) / S_1 \cdot 100,$$

где  $S_1$  – начальная площадь раны;  $S_2$  – площадь раны в исследуемый промежуток времени.

Для определения скорости заживления кожных ран производили расчет по формуле:

$$V_s = (S_0 - S_n) / n,$$

где  $S_0$  – исходная площадь раны;  $S_n$  – площадь ран в соответствующий экспериментальный срок;  $n$  – изучаемый экспериментальный срок.

Полученные данные обрабатывали с использованием пакетов программ MS Excel и Statgraphics общепринятыми методами вариационной статистики, сравнение различий между группами проводили с применением непараметрического критерия ( $U$ ) Вилкоксона-Манна-Уитни. Статистически значимыми считали различия с  $p < 0,05$ .

В ходе эксперимента установлено, что все животные хорошо перенесли наркоз. Средняя площадь раны составила  $2,10 \pm 0,13$  см<sup>2</sup>, которая практически не изменялась у контрольных животных на протяжении 8 дней (рис. 1).



Рис. 1. Моделирование ожога у белой крысы (8-й день, контрольная группа)

Интенсивность заживления ран резко преобладала в группе, получавшей препарат-стимулятор регенерации «Сфагнум». На 10-й день у 50% животных в группе, получавшей сфагнум, отпал струп; в группе, получавшей облепиху – на 12-й день, и лишь на 14-й – в группе контроля. На 14-й день площадь раны у крыс без лечения превышала площадь раны группы, получавшей препарат в 3 раза у животных, которым применяли перкутанно сфагнум и в 1,5 раза, чем у группы, которой применяли облепиху.



Рис. 2. Уменьшение площади раны у белой крысы при использовании препарата «Сфагнум» с отторжением струпа на 8-й день

Применение стимуляторов регенерации из мха сфагнум позволяет обеспечивать достаточный уровень заживления тканей и оказывать стимулирующее воздействие на регенерацию эпидермиса, что проявляется сокращением сроков эпителизации раневого дефекта и ускорением стратификации. Помимо изучения изменений в месте повреждения, необходимы комплексные исследования (патанатомические, гематологические и др.), которые планируются в дальнейших исследованиях [3, 8, 9].

Таким образом, значение комплексного изучения мхов несомненно. Они различаются по распространенности, доступности, эксплуатационным запасам сырья и химическому составу. Наиболее перспективным объектом для разработки новых фитопрепаратов является *S. fuscum*. Сочетание противовоспалительной и анальгезирующей активности, ранозаживляющих свойств, антибактериального и антифунгального действия его водного и масляного экстрактов делает его применение целесообразным в комплексной терапии раневых и воспалительных процессов, ожоговых поражений кожи и инфицированных ран.

Исходя из вышесказанного, род *Sphagnum* представляет большой научный и практический интерес. Приведенные литературные данные и практическое использование сфагновых мхов при ожогах определяют целесообразность создания на основе мха препаратов с широким спектром функциональных характеристик. Таким образом, в настоящее время актуально изучение свойств мхов Кировской области, их распространения и возможности широкого применения в медицинской промышленности [1–3, 10, 11].

#### Библиографический список

1. Городкова А. А. О влиянии сфагнума на аэробную флору гнойных ран : автореф. дис ... канд. мед. наук. М., 1949. 19 с.
2. Савич-Любицкая С. И. Применение сфагнового (торфяного) мха в медицине // Природа. 1943. № 4. С. 41–50.
3. Подтероб А. П., Зубец Е. В. История применения растений рода *Sphagnum* в медицине // Химико-фармацевтический журнал. 2002. № 36 (4). С. 7–29.
4. Бабешина Л. Г. Сфагновые мхи Томской области и перспективы их применения в медицине : дис.... канд. биол. наук. Томск, 2002. 159 с.
5. Дмитрук В. Н. Сравнительное фармакогностическое исследование растений рода *Sphagnum* и перспективы их использования : автореф. дис.... канд. фарм. наук. Пермь, 2008. 21 с.
6. Kundin J. I. A new way to size up a wound // Am. J. Nurs. 1989. Vol. 89. P. 206–207.
7. Федосов В. Э., Игнатова Е. А., Игнатов М. С. Мхи севера России // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 1. С. 22–25. doi: 10.25750/1995-4301-2014-1-022-025
8. Жданова О. Б., Написанова Л. А., Репина Е. В. Сравнительное изучение топографии кишечечно-ассоциированной лимфоидной ткани стенки кишечника у песца при гельминтозах // Труды Всероссийского НИИ гельминтологии им. К. И. Скрябина. 2006. Т. 42. С. 131–138.
9. Flanagan M. Improving accuracy of wound measurement in clinical practice // Ostomy Wound Manage. 2003. Vol. 49. No. 10. P. 28–40.
10. Foster L., Moore P. Acute surgical wound care. The importance of documentation // Br. J. Nurs. 1999. Vol. 8. No. 5. P. 288–292.

## **АБСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ПАРОПРОНИЦАЕМОСТЬ ФИТОПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ЖЕЛАТИНА**

*А. Ю. Соловьева<sup>1</sup>, Д. В. Коновалова<sup>1</sup>,  
Е. В. Товстик<sup>1</sup>, В. А. Козвонин<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup> *Кировский государственный медицинский университет*

В работе представлены результаты исследования абсорбционных свойств и паропроницаемости пленок на основе желатина с включением экстрактов из листьев, плодов аронии черноплодной, облепихи крушиновидной. Установлены перспективы использования фитопленок в качестве аппликационных лекарственных форм.

Ключевые слова: абсорбция, паропроницаемость, фитопленка, экстракт, арония черноплодная, облепиха крушиновидная.

В связи с увеличением устойчивости бактерий к широкому кругу антибактериальных препаратов (АБП), возрастает интерес к разработке новых средств для медицинского применения в случаях, когда на начальных этапах развития инфекции возможно избежать применения АБП. Данная мера в определенной степени позволит снизить частоту антибиотикорезистентности. В настоящее время активно осуществляется разработка самофиксирующихся аппликационных лекарственных форм (ЛФ) или пленок [1].

Известно, что физико-механические и эксплуатационные свойства пленок обусловлены химической природой применяемого полимера и включенными в их состав компонентами [2]. Кроме того, свойства пленок все чаще разрабатываются для обеспечения физиологической совместимости и способности контролировать высвобождение лекарственного средства при воздействии различных биологических сред [3].

При использовании фитопленок (ФП) на слизистых поверхностях важным критерием для прогнозирования пролонгированного действия лекарственных средств является степень набухания. Паропроницаемость, в свою очередь, свидетельствует о фибриллярности структуры пленки, ее порозности и степени аэрации нижележащих под пленкой тканей [4]. Механическая прочность показывает способность пленки противостоять разрушению под действием различных деформаций (растяжение, сжатие, изгиб) при нанесении на кожу.

Анализ литературных источников показал, что на данный момент практически отсутствует информация о влиянии растительных экстрактов на фи-

зико-механические свойства ФП, что сдерживает их активное применение в медицинской практике.

Цель работы – исследование абсорбционных свойств и паропроницаемости пленок на основе желатина и экстрактов из листьев, плодов аронии черноплодной, облепихи крушиновидной.

Для изготовления ФП использовали водные экстракты из листьев, плодов аронии черноплодной и облепихи крушиновидной (1:20). В состав ФП также входили желатин (10%) и глицерин (5%). Контролем служила пленка, приготовленная на дистиллированной воде [5].

Абсорбционные свойства ФП определяли по характеру набухания гравиметрическим методом с опорой на ГОСТ 20869-75. Для этого исследуемые образцы, размером 2,2×5,0 см помещали на капроновую сетку, закрепленную в емкости на поверхности дистиллированной воды. Через 15, 30, 45 и 60 минут после начала опыта проводили взвешивание образцов. Количество поглощенной воды (X, %) рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{m_t \cdot 100\%}{m_0} - 100\%,$$

где:  $m_t$  – масса образца пленки в исследуемый момент времени;  $m_0$  – масса пленки до начала опыта [4].

О паропроницаемости ФП судили по массе водяного пара, прошедшего через образец. Для этого образцы ФП герметично закрепляли на горлышке пробирки, наполненной водой. Пробирки взвешивали и помещали в эксикатор. Через 24 и 48 часов производили взвешивание пробирок. Расчет паропроницаемости ФП ( $q$ , г/м<sup>2</sup>) производили по формуле:

$$q = \frac{10 \cdot \Delta m}{s},$$

где  $\Delta m$  – изменение массы пробирки за исследуемое время, мг;  $S$  – испытываемая площадь образца, см<sup>2</sup> [4].

Среди исследуемых показателей набухаемость является важным свойством аппликационных лекарственных форм. При нанесении на очаг поражения, пленка за счет набухаемости переходит в гелеобразное состояние и обеспечивает биодоступность активных компонентов [4].

Исследования показали, что с течением времени степень абсорбции пленок увеличивается в среднем от 153% до 219% в опытных вариантах и от 183 до 254% в контроле (рис. 1).

Через 15 минут ФП на основе экстрактов из листьев абсорбировали от 163% до 164% воды и достоверно не отличались от контроля. Аналогичная тенденция для ФП отмечалась на сроке 30, 45, 60 мин. Более низкая абсорбция, чем в контроле установлена для ФП на основе экстрактов из плодов (143–144%) на первоначальном сроке наблюдений (15 мин.).

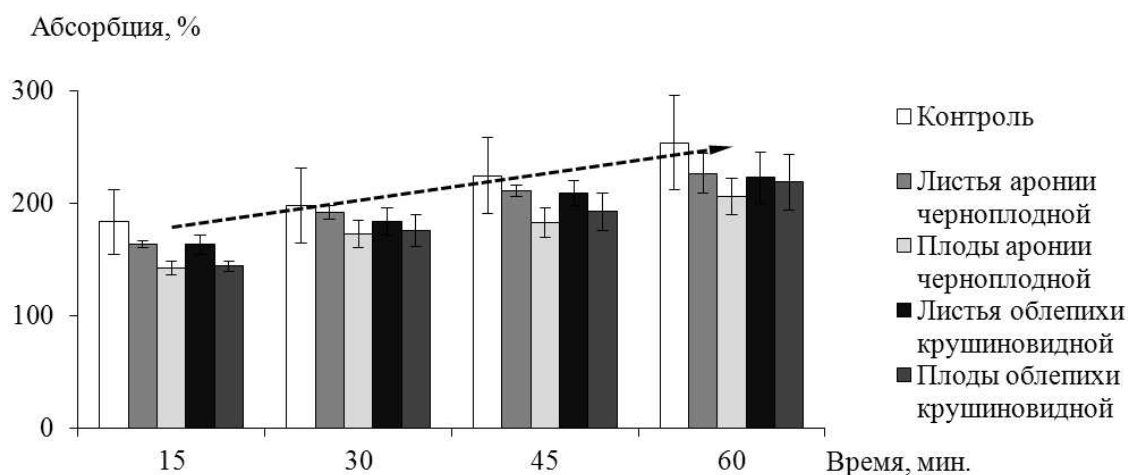


Рис. 1. Абсорбционные свойства фитопленок

Исследуемые образцы ФП обладали хорошей паропрооницаемостью, что свидетельствовало о наличии у них пористой структуры (рис. 2).

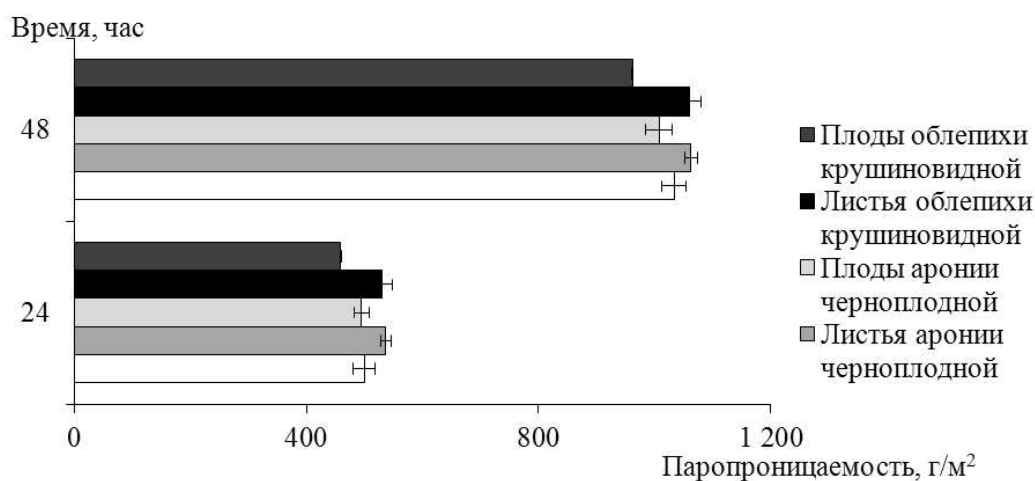


Рис. 2. Паропрооницаемость фитопленок

Однако паропрооницаемость ФП с включением экстрактов из листьев и плодов значительно отличались от контроля. Независимо от растительного вида, отмечали снижение паропрооницаемости относительно контроля для фитопленок с включением экстрактов из плодов аронии черноплодной и облепихи крушиновидной в среднем на 5 и 41 г/м<sup>2</sup> через 24 часа и 25 и 72 г/м<sup>2</sup> через 48 ч. соответственно. Для ФП на основе экстрактов из плодов напротив отмечали увеличение паропрооницаемости относительно контроля на 31–36% и 27–39% на аналогичных сроках наблюдения.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что абсорбционные свойства и паропрооницаемость ФП зависят от типа растительного сырья. Введение в состав желатиновых пленок экстрактов из плодов аронии черноплодной и облепихи крушиновидной в концентрации (1:20) способствует снижению абсорбции на первоначальном этапе (до 30 мин), а также паропрооницаемости. Благодаря наличию данных



характеристик, можно предложить применение ФП в качестве аппликационных лекарственных форм на разных стадиях заживления после проведения доклинических испытаний.

#### Библиографический список

1. Пленки в российской медицине и косметологии: история развития, классификация, технология / В. М. Кищенко, В. В. Верниковский, И. М. Привалов, А. М. Шевченко // Фармация и фармакология. 2020. Т. 8(2). С. 124–132. doi: 10.19163/2307-9266-2020-8-2-124-132

2. Мьяленко Д. М., Михайленко П. Г. Исследование краевого угла смачивания полиэтиленовой пленки, модифицированной органическими и неорганическими компонентами // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 12 (102). Ч. 1. С. 49–53. doi: 10.23670/IRJ.2020.102.12.009

3. Polysaccharide films modified by compounds of natural origin and silver having potential medical applications / A. K. Antosik, P. Miądlicki, K. Wilpiszewska, A. M. Szczupak, Z. Koren, A. Wróblewska // Cellulose. 2021. Vol. 28(6). P. 7257–7271. doi: 10.1007/s10570-021-04008-0

4. Ковязина Н. А. Изучение физико-химических свойств плёнок лекарственных секстафаг // Вестник ВГУ. Серия: химия, биология, фармация. 2022. № 1. С. 78–84.

5. Соловьева А. Ю., Коновалова Д. В., Товстик Е. В. Биодоступность флавоноидов в фитопленках на основе облепихи и аронии черноплодной // Вестник Пермской государственной фармацевтической академии. Актуальные проблемы химической безопасности в сфере фармацевтической и медицинской науки и практики : сб. материалов науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященная 50-летию кафедры токсикологической химии. Пермь : ПГФА, 2022. С. 253–256.

## СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРИОКОНСЕРВИРОВАНИЯ КУЛЬТУР КЛЕТОК РАСТЕНИЙ

*М. И. Сергушкина<sup>1,2</sup>, Д. В. Попыванов<sup>2</sup>, О. Н. Соломина<sup>1</sup>,  
О. О. Зайцева<sup>1</sup>, А. Н. Худяков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Институт физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, tara.kovalkova@mail.ru*

<sup>2</sup> *ФАНЦ Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, lfast@mail.ru*

Возрастающее воздействие человека на окружающую среду способствует значительному сокращению генетических ресурсов. Культивирование клеток и тканей растений *in vitro* является перспективным методом сохранения генотипов растений с ценными признаками и биоразнообразия в целом. В статье описаны основные особенности применения отрицательных температур для долговременного хранения культур клеток растений.

Ключевые слова: криоконсервирование, культуры клеток растений, замораживание, витрификация, криопротектор.

Проблема сохранения генофонда ценных растений в настоящее время приобретает все большую актуальность ввиду стремительного сокращения ареалов и исчезновения многих видов. Одним из способов сохранения гене-

тического разнообразия является создание заповедников и национальных парков, однако изменяющиеся условия климата могут негативно воздействовать и на эти объекты. В связи с этим, требуется поиск новых, более автономных, способов сохранения биоразнообразия. В настоящее время такими способами являются создание банков семян и вегетативно размножаемых форм различных растений. Среди современных перспективных методов особое внимание следует уделить криоконсервированию растительного материала.

При формировании генетических банков для многих видов растений предпочтительно использование семян, обусловленное низким травматизмом и потерей исходного материала на этапе введения в культуру *in vitro*. Среди недостатков семенного сохранения генофонда можно отметить длительный периода покоя у некоторых видов растений, что значительно замедляет процесс создания и контроля пополнения генетических банков [1]. Вместе с тем, в настоящее время банки семян являются крупнейшими хранилищами биоразнообразия растений со своими особенностями и ограничениями (высокая стоимость хранения из-за затрат на электроэнергию, необходимости регулярного пересева семян и тестирования на всхожесть, силу роста и способность к возобновлению) [2]. Так же необходимо отметить, что не все коллекции семян могут храниться в данных условиях: их жизнеспособность кратковременна (многие тропические и лекарственные растения не выдерживают длительного обезвоживания и хранения).

Альтернатива банкам семян – это применение культуры клеток (суспензия дифференцированных растительных клеток) и тканей *in vitro*. Данная методика в течение последних лет интенсивно развивается и широко используется [3]. Отметим, что культуры клеток и тканей, выращенные на искусственных средах, являются благоприятным объектом для проведения исследований метаболизма биологически активных веществ.

Современным и эффективным способом сохранения культур растительных клеток является криоконсервирование. Наиболее важным критерием криоконсервирования является обратимое ингибирование жизненных процессов. Возникающий при этом ряд сложностей вызван низкой жизнеспособностью и недостаточно активным возобновлением роста клеток после оттаивания. Поскольку большинство ферментов и биохимических процессов становятся неактивными при низких температурах, типичные протоколы криоконсервации основаны на хранении клеток при температуре  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  в жидком азоте [4]. Однако, такие низкие температуры могут вызвать повреждение клеток при замораживании, в связи с чем необходимо предварительно выполнять контролируемое обезвоживание и предотвращение образования кристаллов льда [5]. Для растительных клеток были разработаны основные группы протоколов для достижения защиты от повреждения кристаллами льда: медленное замораживание, витрификация и инкапсуляция-обезвоживание [4].

Медленное замораживание включает в себя воздействие на клетки смеси криопротекторов перед охлаждением, регулирующую скорость заморозки до промежуточно низкой температуры, после чего происходит погружение

флаконов в жидкий азот [6]. Крипротекторы обеспечивают контролируемый отток воды и подавляют образование внутриклеточных кристаллов льда.

Витрификация включает в себя использование перед замораживанием крипротекторов в больших концентрациях, которые преобразует цитозоль клеток в стеклообразное аморфное состояние. Это предотвращает образование кристаллов льда в цитоплазме, однако обладает более токсическим действием, чем смесь крипротекторов, используемая для медленного замораживания [3, 7, 8].

Механический стресс и изменения осмотического давления при замораживании и оттаивании могут быть смягчены с помощью метода инкапсуляции-обезвоживания. Способ основан на помещении растительных клеток в альгинатную матрицу кальция [8].

Все три метода имеют общие концепции: предварительное кондиционирование исходного материала, обработка специальными крипротекторами (глицерин, диметилсульфоксид, сахароза), определенный протокол замораживания и восстановительная обработка после оттаивания [8].

Для успешного криоконсервирования требуется сбалансированное сочетание проникающих и непроникающих крипротекторов. Растительные клетки в некоторой степени могут переносить внеклеточные кристаллы льда, но внутриклеточные кристаллы льда могут нанести ущерб как при замораживании, так и при оттаивании: увеличение объема, которое вызывает механическое повреждение органелл или мембран, приводящее к цитолизу; концентрацию электролитов (например, натрия, калия или хлорида), которая нарушает внутриклеточную передачу сигналов, активность ферментов и макромолекулярные взаимодействия; фазовые переходы мембран, которые влияют на проницаемость мембран и текучесть, вызывая потерю осмотической чувствительности [3, 8, 9].

Успех криоконсервации так же зависит от какого органа и какой части растения получают культуру клеток. Каллус может образоваться из корней, стеблей, черешков, листьев или цветков, но почки, молодые листья и проростки идеально подходят для образования каллуса, поскольку они содержат активно пролиферирующие клетки меристемы [8, 10, 11]. Гетерогенное происхождение культуры клеток может влиять на поведение клеточных линий многими способами, например, на структуру клеток (характеристики клеточной стенки и вакуоляризация), скорость пролиферации и метаболизм (синтез белков и вторичных продуктов), что, в свою очередь, может влиять на их способность к криоконсервированию [8, 12]. Следовательно, для каждой культуры существуют особенности, и стандартные протоколы заморозки могут преобразовываться [3, 8, 12]. В настоящее время с помощью криоконсервирования возможно сохранение: пыльцы, каллусной культуры, суспензионной культуры, культуры протопластов, апикальных и пазушных меристем побегов, а также спящих почек древесных культур, черенков плодовых и декоративных культур.

Таким образом, в настоящее время существуют три основные стратегии криоконсервации растительных клеток: медленное замораживание, витрификация и инкапсуляция-обезвоживание. Протокол медленного замораживания состоит из нескольких этапов, но для обеспечения эффективного восстановления после оттаивания требуется специальное оборудование; витрификация не требует сложного оборудования, но необходимы сложные этапы обработки образцов; инкапсуляция-обезвоживание является сложным многоступенчатым процессом, от качества выполнения которого зависит количество живых клеток после размораживания.

Эффективность и переносимость протоколов криоконсервирования для культуры клеток в настоящее время ограничены разнообразными свойствами растительных клеток разных видов или даже разных тканей одного и того же вида. На данном этапе целесообразно изучить и разработать новые протоколы для заморозки культур клеток, которые бы учитывали недостатки существующих протоколов, особенности современных российских лабораторий и использования более доступного технического оборудования (использования бытовых электроморозильников).

#### Библиографический список

1. Сохранение редких видов растений в генетических коллекциях *in vitro* / Е. М. Ветчинкина, И. В. Ширнина, С. Ю. Ширнин, О. И. Молканова // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2012. № 7. С. 109–118.
2. Сохранение генофонда растений в условиях многолетней мерзлоты: состояние, преимущества, перспективы / Б. М. Кершенгольц, И. Ф. Жимулев, Н. П. Гончаров, Р. В. Чжан, Г. В. Филиппова, А. А. Шеин, И. А. Прокопьев // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 3. С. 675–681.
3. Разработка эффективных способов депонирования каллусных культур ценных лекарственных растений / С. Н. Филиппова, Т. И. Дитченко, А. О. Логвина, В. М. Юрин // Труды БГУ. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. 2015. Т. 10, № 1. С. 211–226.
4. Benson E. E. Cryopreservation of Phytodiversity: A Critical Appraisal of Theory & Practice // *Crit. Rev. Plant Sci.* 2008. Vol. 27 (3). P. 141–219. doi: 10.1080/07352680802202034
5. Pegg D. E. Principles of Cryopreservation // *Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols* / Eds. J. G. Day, G. N. Stacey. Humana Press, Totowa, NJ. 2007. P. 39–57.
6. Initiation, growth and cryopreservation of plant cell suspension cultures / N. R. Mustafa, W. de Winter, F. van Iren, R. Verpoorte // *Nature Protoc.* 2011. No. 6. P. 715–742. doi: 10.1038/nprot.2010.144
7. Best B. P. Cryoprotectant Toxicity: Facts, Issues, and Questions // *Rejuvenation Res.* 2015. Vol. 18 (5). P. 422–436. doi: 10.1089/rej.2014.1656
8. Nausch H., Johannes F. Buyel. Cryopreservation of plant cell cultures – Diverse practices and protocols // *New Biotechnology.* 2021. Vol. 62. P. 86–95. doi: 10.1016/j.nbt.2021.02.002
9. Elliott G. D., Wang S., Fuller B. J. Cryoprotectants: A review of the actions and applications of cryoprotective solutes that modulate cell recovery from ultra-low temperatures // *Cryobiology.* 2017. Vol. 76. P. 74–91. doi: 10.1016/j.cryobiol.2017.04.004
10. Ikeuchi M., Sugimoto K., Iwase A. Plant Callus: Mechanisms of Induction and Repression // *Plant Cell.* 2013. Vol. 25 (9). P. 3159. doi: 10.1105/tpc.113.116053

11. Hill K., Schaller G. E. Enhancing plant regeneration in tissue culture: a molecular approach through manipulation of cytokinin sensitivity // *Plant Signal Behav.* 2013. Vol. 8 (10). doi: 10.4161/psb.25709-25710.4161/psb.25709

12. Reed B. M. Choosing and applying cryopreservation protocols to new plant species or tissues // *Acta Hort.* 2011. Vol. 908. P. 363–372.

## **ВРЕДНОСНОСТЬ ФУЗАРИОЗНОГО ПОРАЖЕНИЯ КОЛОСА И ПОИСК УСТОЙЧИВЫХ ГЕНОТИПОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

*Л. М. Щеклеина*

*Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, [immunitet@fanc-sv.ru](mailto:immunitet@fanc-sv.ru)*

Методом искусственной инокуляции растений *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc выявлено 11 перспективных линий, представляющих интерес в селекции яровой пшеницы на повышение устойчивости. Установлено достоверное ( $P \geq 0,95$ ) снижение элементов продуктивности (количество зерен в колосе, масса зерна с колоса и его озерненность) растений при разной степени фузариозного поражения колоса.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc, инокулюм, поражение, степень поражения, элементы продуктивности.

В настоящее время достаточно подробно изучена вредоносность фузариоза колоса зерновых культур. Грибы рода *Fusarium* Link вызывают значительный ущерб урожаю зерновых культур. Отмечено существенное снижение урожайности как в условиях естественной, так и искусственной эпифитотии; происходит ухудшение посевных и технологических качеств зерна, загрязнение его микотоксинами, а потери урожая достигают 50% [1–3].

В инфекционном процессе могут сосуществовать от 10 до 20 представителей рода при явном доминировании одного вида или группы видов в конкретных условиях среды. *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. – наиболее агрессивный патоген зерновых культур в регионах с умеренным климатом, способный заражать многие другие виды растений [4, 5].

Симптомы болезни выглядят следующим образом. Сначала обесцвечиваются колосковые чешуйки на части или по всей длине колоса. На больных колосьях появляется бледно-розовый оттенок. Затем на чешуйках образуется мицелий оранжевого или красноватого цвета со спороношением гриба. При скрытой форме фузариоза в колосе иногда формируются единичные белесые зерновки. Фузариозные зерна обычно легковесные и щуплые.

Несмотря на ежегодное развитие фузариоза, уровень поражения растений по годам нестабилен. Поэтому в научной практике для оценки сортов используют искусственную инокуляцию, которая широко применяется в селекции пшеницы для выявления фузариозоустойчивого исходного материала [6–9]. Суть метода заключается в инокуляции растений споровой суспензией

патогенных штаммов гриба *F. culmorum* в фазу массового цветения, обеспечении оптимальных условий для патогенеза, оценке поражения колосьев, выявлении и отборе устойчивых селекционных генотипов.

Цель исследований – выявить вредоносность фузариоза колоса относительно основных элементов продуктивности растений яровой пшеницы в зависимости от степени их поражения и отобрать для селекции, наименее поражаемые генотипы.

В 2022 г. в изучении было 27 перспективных линий яровой пшеницы селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Площадь делянки 0,5 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная. Искусственное заражение проводили в фазу цветения растений суспензией патогенного штамма *F. culmorum* (Пш-20\з) из рабочей коллекции лаборатории иммунитета и защиты растений. Инокулюмом в виде водно-споровой суспензии в концентрации 5×10<sup>5</sup> конидий/мл опрыскивали растения. Далее для прорастания конидий на колосья надевали пергаментные изоляторы, которые создавали условия влажной камеры в течение двух суток. Учет проводили в фазу молочно-восковой спелости зерна.

На примере шести линий яровой пшеницы выполнен более детальный анализ изменчивости элементов продуктивности растений при разной степени поражения колоса. В период максимального проявления фузариоза колоса на 25 колосьев были навешаны флажки с соответствующими баллами поражения (от 0 до 5 баллов), что исключает возможность спутать симптомы болезни с естественными признаками созревания. Уборку и обмолот семян промаркированных колосьев проводили вручную во избежание потери щуплых семян.

Иммунологическую оценку проводили в фазу молочной спелости по признакам: «поражение» и «степень поражения». Учитывали общее количество растений и колосьев в образце, число с симптомами поражения и степень их поражения. Объем выборки для анализа – не менее 30 растений каждого образца. Учет поражения вели по каждому растению и колосу отдельно. Степень поражения колоса анализировали в соответствии со шкалой [10]: 0 – нет видимых симптомов поражения; 1 – поражено до 20% колосков в колосе (высокая устойчивость); 2 – поражено 21...40% (слабая восприимчивость); 3 – поражено 41...60% (средняя); 4 – поражено 61...80% (высокая); 5 – поражено 81...100% колосков в колосе (полная восприимчивость).

Статистическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного и регрессионного анализов с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.) и программы Microsoft Office Excel.

Фузариоз колоса привел к снижению количества зерен в колосе, массы зерна с колоса и его озерненности. На непораженном колосе (контроль) количество зерен составило в среднем 52,6 шт. Признаки «масса зерна с колоса» и «озерненность колоса» достоверно ( $P \geq 0,95$ ) снижались уже при степени поражения 20% на 22,6 шт. и на 0,47 грамма, соответственно (табл. 1). При сте-

пени поражения 81...100% вредоносность достигает 75,9% (озерненность колоса) и 86,9% (продуктивность колоса).

Таблица 1

**Влияние фузариозного поражения колоса яровой пшеницы на элементы продуктивности растений**

Степень поражения, %	Количество зерен в колосе		Масса зерна с колоса		Масса 1 000 зерен	
	шт.	вредоносность, %	г	вредоносность, %	г	вредоносность, %
Непораженный колос (контроль)	52,60±2,70	–	1,69±0,10	–	38,37±0,14	–
Пораженные колосья:						
1...20	30,00±2,06	38,2	1,22±0,18	27,8	36,53±0,09	4,8
21...40	27,00±2,93	48,7	0,92±0,10	45,6	32,40±0,07	15,6
41...60	23,00±1,58	56,0	0,73±0,11	56,8	30,70±0,21	19,9
61...80	18,60±1,96	64,6	0,23±0,03	86,4	27,66±0,32	27,9
81...100	12,63±1,84	75,9	0,22±0,03	86,9	16,45±0,08	57,1
НСР <sub>05</sub>	4,44	–	0,29	–	0,48	–
P, %	5,7	–	6,5	–	0,6	–

Что касается крупности зерна, то она также имела тенденцию к снижению на 1,84...21,92 грамма, но достоверное изменение признака отмечалось при степени поражения 21...40%. Под воздействием инфекции зерно в колосе формировалось очень мелкое, щуплое, деформированное, часто меловидное и белесое, т.е. с явными признаками фузариозного заражения. На непораженных колосьях масса 1 000 зерен составила в среднем 38,4 грамма. При максимальном значении поражении колоса вредоносность достигала 57,1%.

Выявленные тенденции снижения элементов продуктивности подтверждаются и регрессионным анализом (табл. 2). Уравнения линейного тренда подтвердили, что с увеличением зараженности колоса до 20%, количество зерен с колоса снижается на 6,80 штук, масса зерна с колоса – на 0,30 грамм, а его крупность – на 3,94 грамма. Величина коэффициента детерминации  $R^2 = 0,846-0,961$  характеризуется как высокая. Подобные расчеты могут иметь прогностическое значение при оценке потенциальной вредоносности фузариоза колоса.

Таблица 2

**Уравнения регрессии продуктивности колоса в связи со степенью поражения его фузариозом**

Показатели	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации, $R^2$
Количество зерен в колосе	$y = -6,8014x + 51,11$	0,846
Масса зерна с колоса	$y = -0,3003x + 1,886$	0,961
Масса 1000 зерен	$y = -3,9403x + 44,143$	0,884

В условиях искусственной инокуляции изучено 27 перспективных линий яровой пшеницы селекции ФАНЦ Северо-Востока (рис.). Высокоустойчивых и полностью восприимчивых не обнаружено. Поражение фузариозом колоса варьировало в широких пределах: от 7,0 (линия В-129 и В-30) до 81,1% (Баженка) (табл. 3). Средняя степень поражения колоса составила 68,2%, варьируя от 43,0 (Б-151) до 86,0% (Г-36). Наименьшее количество растений с симптомами фузариоза (до 20%) отмечено у 11 линий (У-103, Т-15, У-260, В-65, В-98, В-129, В-123, В-14, В-128, Г-36 и В-30), которые могут быть использованы в дальнейшей селекции.



А



Б

Рис. Питомник на фузариоз колоса (А) и колосья с признаками фузариозной инфекции (Б)

Таблица 3

**Проявление фузариоза при искусственной инокуляции на линиях яровой пшеницы**

Сорт, линия	Поражение, %	Степень поражения, %
1	2	3
Баженка – стандарт	81,1±0,37	66,8±2,74
Каменка – стандарт	28,9±0,58	72,5±3,46
Награда	38,2±0,33	51,0±4,91
Т-38	24,2±0,30	64,3±4,47
Темп	45,8±0,75	64,8±2,45
Традиция	38,8±0,70	59,3±0,43
Т-79	32,0±0,46	52,5±0,26
У-103	18,2±0,32	74,8±1,59
У-259	26,0±0,49	77,0±5,20
Т-15	15,8±0,75	81,3±5,92
Б-149	23,9±0,59	64,8±1,88
Б-151	22,1±0,38	43,0±1,73
У-260	12,8±0,71	65,3±2,45
Б-4	20,8±0,75	65,0±4,62
У-257	30,8±0,75	62,0±0,29
В-65	19,8±0,67	79,3±1,88



1	2	3
В-98	9,7±0,77	73,8±4,76
В-129	7,0±0,46	71,5±4,91
В-123	17,2±0,31	78,3±2,74
В-14	19,1±0,45	81,5±2,31
В-147	20,8±0,75	79,8±5,92
В-128	15,1±0,38	69,5±3,46
Г-36	10,9±0,58	86,0±0,29
В-30	7,0±0,52	75,8±4,19
В-6	27,0±0,47	64,5±0,87
Г-143	24,9±0,59	61,5±2,60
Г-90	38,0±0,50	55,0±2,89

Таким образом, установлено достоверное ( $P \geq 0,05$ ) снижение элементов продуктивности растений яровой пшеницы при степени поражения 20%. Вредоносность фузариоза колоса достигала 38,2...75,9% (озерненность колоса), 27,8...86,9% (продуктивность колоса) и 4,8...57,1% (крупность зерна). Методом инокуляции растений *F. culmorum* выявили перспективные селекционные линии (У-103, Т-15, У-260, В-65, В-98, В-129, В-123, В-14, В-128, Г-36 и В-30), представляющие интерес в селекции яровой пшеницы на повышение устойчивости.

#### Библиографический список

1. Шашко Ю. К., Долгова Е. Л., Шашко М. Н. Прямые и косвенные потери, определяющие вредоносность грибов р. *Fusarium* – возбудителей фузариоза колоса и зерна пшеницы // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. 2020. Т. 58, № 1. С. 55–67. doi: 10.29235/1817-7204-2020-58-1-55-67
2. Шашко Ю. К., Шашко М. Н., Мядель О. В. Изучение вредоносности фузариоза колоса яровой пшеницы при искусственном заражении в зависимости от фазы развития // Земледелие и селекция в Беларуси. 2020. № 56. С. 83–90
3. Фитосанитарный мониторинг и контроль фитопатогенов яровой пшеницы / Е. Ю. Торопова, И. Г. Воробьева, Г. Я. Стецов, О. А. Казакова, А. А. Кириченко // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 6. С. 25–32. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10605
4. Симбиотические взаимоотношения грибов рода *Fusarium* и *Alternaria*, колонизирующих зерно овса / А. С. Орина, О. П. Гаврилова, Т. Ю. Гагкаева, И. Г. Лоскутов // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 5. С. 986–994. doi: 10.15389/agrobiology.2017.5.986rus
5. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М. Фитопатогенная биота в условиях потепления климата (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 6–13. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-006-013
6. Miedaner T., Shilling A. G. Genetic variation of aggressiveness in individual field population of *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum* tested on found plants of winter rye // European J. Plant Pathology. 1996. Vol. 102. P. 823–830. doi: 10.1007/BF01877051
7. Resistance to *Fusarium* Head blight in Winter Wheat: Heritability and Trait Associations / H. Buerstmayr, B. Steiner, M. Lemmens, P. Ruckenbauer // Crop Science. 2000. Vol. 40. No. 4. P. 1012–1018.

8. Сидоров И. А., Есауленко Е. А. Фузариоз колоса // Защита и карантин растений. 2000. № 9. С. 24–25.

9. Методические подходы к оценке пшеницы на устойчивость к фузариозу колоса / Л. К. Анпилогова, М. В. Добрянская, О. Ф. Ваганова, И. А. Сидоров // Агрехимия. 2002. № 8. С. 73–76.

10. Шешегова Т. К., Кедрова Л. И. Методические рекомендации по созданию искусственных инфекционных фонов и оценке озимой ржи на устойчивость к болезням. Киров, 2003. 30 с.

## **ВЛИЯНИЕ ТОКСИЧНОСТИ АЛЮМИНИЯ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА И СТРУКТУРУ УРОЖАЙНОСТИ ЯЧМЕНЯ**

*Е. С. Соловьёва<sup>1</sup>, Е. В. Товстик<sup>2</sup>, О. Н. Шуплецова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, usr11865@vyatsu.ru*

<sup>2</sup> *Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого*

В статье представлены результаты сравнительной оценки толерантности к ионной токсичности алюминия сортов ячменя, полученных методом клеточной инженерии и гибридизацией. Сроки наступления основных фаз вегетации и показатели структуры урожая были критериями, используемыми для оценки устойчивости растений к алюминию. Установлено, что сорт ячменя регенерантного происхождения по общей кустистости и длине главного колоса имеет преимущество перед сортами гибридного происхождения.

Ключевые слова: ячмень, регенерант, оценка, почвенный фон, алюминий, вегетационный период, структурные показатели.

Алюминий относится к категории веществ, определение содержания которых является важной задачей при оценке состояния почв. Химически активный почвенный алюминий в зависимости от рН и минералогического состава системы может существовать в различных формах [1]. В более кислых почвах со значениями  $\text{pH} \leq 5$  фитотоксичные формы  $\text{Al}^{3+}$  растворяются в почвенном растворе и становятся одним из наиболее важных абиотических стрессов, ограничивающих урожайность сельскохозяйственных растений. Фитотоксическое действие проявляется в ингибировании роста корней, изменении поглощения воды и питательных веществ и, следовательно, замедлении развития растений [2]. Среди зерновых культур к почвенным стрессовым факторам наиболее чувствителен ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare* L.), который имеет повсеместное распространение и является одной из ведущих зерновых культур [3].

Вариантом решения данной проблемы стала селекция устойчивых к алюминию видов и сортов растений [4, 5]. Наряду с традиционными селекци-

онными методами перспективно использовать отбор клеточных культур в стрессовых условиях с последующей регенерацией растений.

Цель работы заключалась в сравнительной оценке толерантности к ионной токсичности алюминия сортов ячменя, полученных методом клеточной инженерии и гибридизацией.

В условиях вегетационного опыта проводили сравнительную оценку толерантности к ионной токсичности алюминия сортов ячменя гибридного происхождения (Белгородский 100 – стандарт и алюмоустойчивый Джин) и сорта – регенеранта Форвард, полученного методом клеточной селекции на средах *in vitro* с 40 мг/л  $Al^{3+}$  при pH 4,0. Критерием оценки служили продолжительность вегетационного периода и показатели структуры урожайности.

Продолжительность вегетационного периода является одним из главных адаптационных признаков для любой культуры. По длительности вегетации можно определять целесообразность возделывания сорта в конкретной почвенно-климатической зоне.

В исследованиях не установлено достоверных различий между сортами по продолжительности вегетационного периода, который, составлял 92–95 дней в контроле и 91–92 дня в варианте опыта с алюминием (рис. 1 а, б, в).

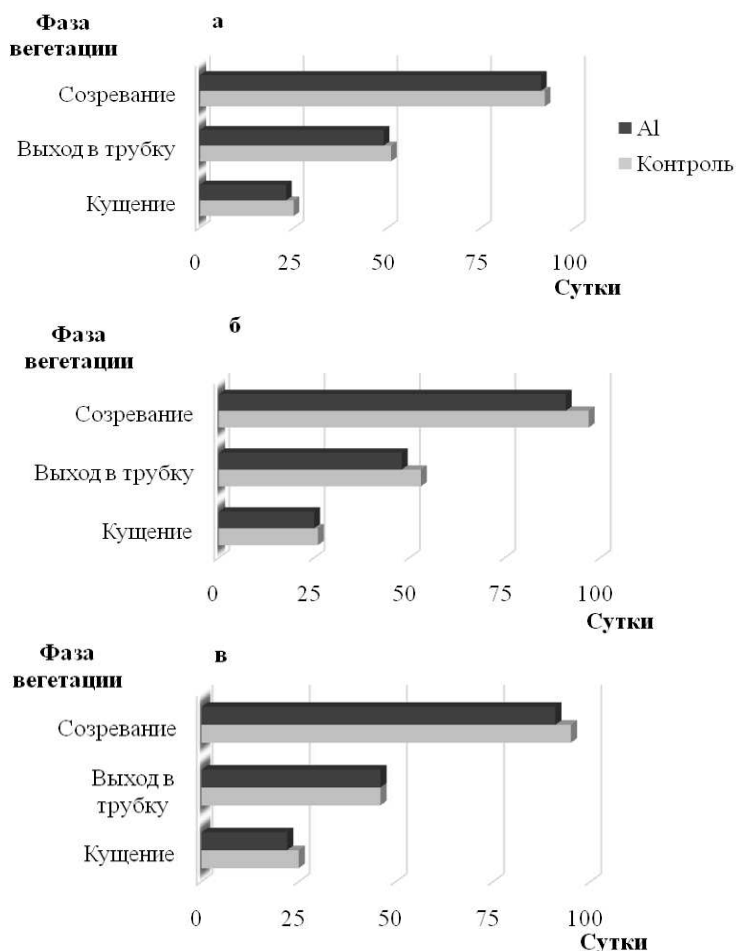


Рис. 1. Сроки наступления отдельных фаз вегетации у ячменя сортов Белгородский 100 (а), Джин (б), Форвард (в) на контрольном и стрессовом почвенном фонах

Выявлены различия между сортами по продолжительности межфазных периодов при наличии почвенного стресса. Так, у сортов Белгородский 100 и Джин отмечали сокращение всех межфазных периодов на фоне с алюминием, тогда как у сорта Форвард не выявлено изменений в продолжительности межфазного периода «всходы – выход в трубку».

Наряду с фенологическими наблюдениями проводили анализ структуры урожайности. Согласно полученным данным исследованные сорта достоверно не отличалась по общей кустистости растений в контрольных условиях (рис. 2).

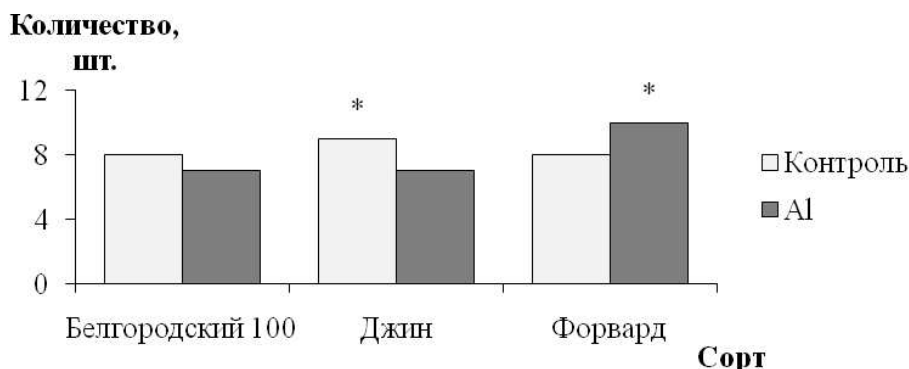


Рис. 2. Общая кустистость растений в зависимости от варианта опыта

Однако в условиях модельного загрязнения почвы алюминием отмечали снижение общей кустистости у сортов Белгородский 100 (на 12,5%) и Джин (на 22,3%), и, напротив, повышение – у Форварда (на 11,9%).

Продуктивная кустистость достоверно снижалась у всех сортов под действием алюминия. На фоне более высокой общей кустистости Форварда в варианте опыта с алюминием, фиксировали наиболее низкую продуктивную кустистость (снижение на 33,4%) (рис. 3).

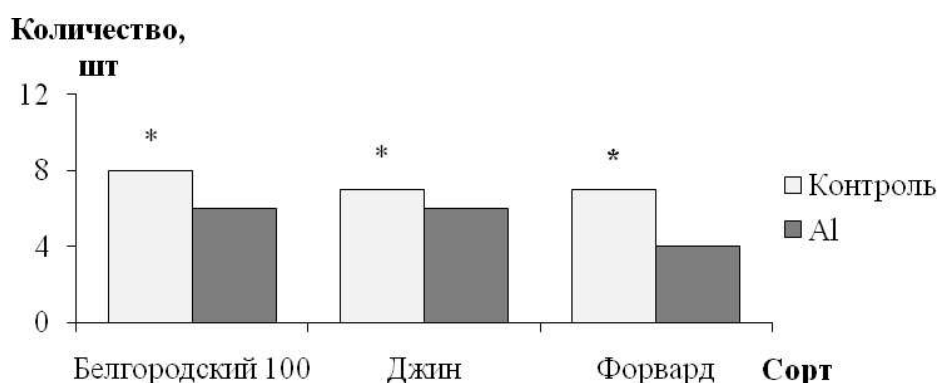


Рис. 3. Продуктивная кустистость растений в зависимости от варианта опыта

По высоте растений достоверных отличий между сортами в условиях одного почвенного фона не было выявлено. При этом, независимо от сортовых различий, токсическое действие алюминия проявлялось в достоверном снижении значения этого параметра (рис. 4).

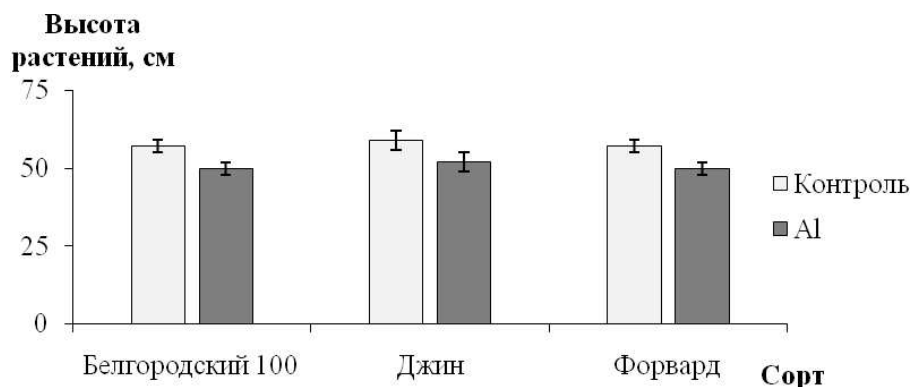


Рис. 4. Высота растений в зависимости от варианта опыта

Для сортов гибридного происхождения под действием алюминия отмечали незначительное снижение длины главного колоса относительно контрольного фона, для сорта-регенеранта – напротив увеличение на 20,0% (рис. 5).

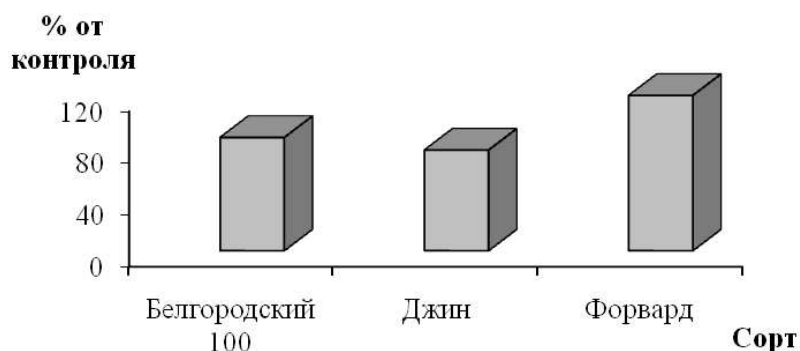


Рис. 5. Изменение длины главного колоса под действием алюминия

Разный отклик сортов на действие алюминия отмечали также по количеству зерен в главном колосе. Так у сорта Белгородский 100 под действием алюминия количество зерен в главном колосе практически не изменялось, тогда как у сортов Форвард (в 1,3 раза) и в большей степени Джин (в 1,5 раза) – повышалось (рис. 6).

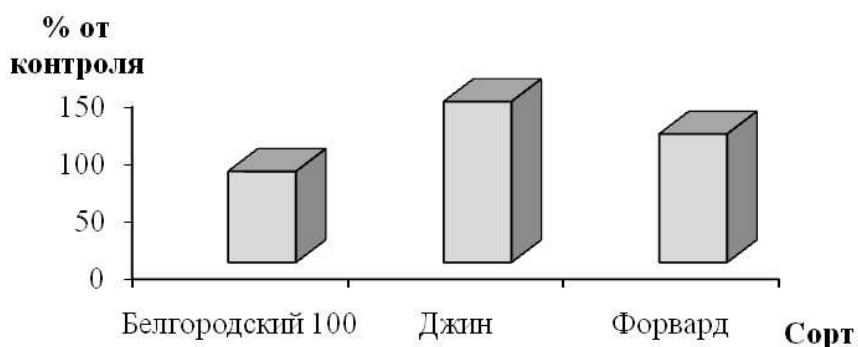


Рис. 6. Изменение количества зерен в главном колосе под действием алюминия

Таким образом, на фоне общего снижения структурных параметров в условиях почвенной токсичности алюминия сорт-регенерант в целом не уступал сортам гибридного происхождения по отдельным показателям структуры урожая, а по общей кустистости и длине главного колоса имел преимущество. Проведенные исследования подтвердили перспективность данного метода оценки для выявления адаптивного потенциала на кислых почвенных фонах сортов ячменя с целью дальнейшего их использования в селекционных работах.

#### **Библиографический список**

1. Barnhisel R., Bertsch P. M. Aluminum // Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties / ed. A. L. Page. 1982. Vol. 9. P. 275–300.
2. Uncovering the transcriptional response of popcorn (*Zea mays* L. var. *everta*) under long-term aluminum toxicity / V. B. Pinto, P. G. Ferreira, P. M. P. Vidigal, T. A. de O. Mendes, M. D.-B. L. Costa, J. V. de Magalhaes, J. M. S. Viana, P. G. Ferreira // Scientific Reports. 2021. Vol. 11(1). 19644. doi: 10.1038/s41598-021-99097-z
3. Неттевич Э. Д. Избранные труды. Селекция и семеноводство яровых зерновых культур. Москва-Немчиновка : НИИСХ ЦРНЗ, 2008. 348 с.
4. Влияние кадмия на рост соматклона ячменя, полученного в селективных системах с ионами алюминия / О. Н. Шуплецова, Е. В. Товстик, И. Г. Широких, Г. И. Березин, Г. А. Сколкина // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Киров : ФАНЦ Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, 2018. С. 200–204.
5. Aluminum stress signaling, response, and adaptive mechanisms in plants / H. Liu, R. Zhu, K. Shu, W. Lv, S. Wang, C. Wang // Plant Signaling & Behavior. 2022. Vol. 17(1). 2057060. doi: 10.1080/15592324.2022.2057060

## СЕКЦИЯ 7 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

### ВИДОВОЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ МИКРОТУРБЕЛЛЯРИЙ В ВЕСЕННИХ ВОДОЕМАХ КАЗАНИ

*С. В. Бердник, Р. П. Токинова*

*Институт проблем экологии и недропользования Академии наук  
Республики Татарстан, svberdник@mail.ru*

В ходе изучения населения временных весенних водоемов города Казани в 2015–2022 гг. обнаружено 20 видов микротурбеллярий (Platyhelminthes: Catenulida, Rhabditophora), относящихся к 6 семействам и 3 отрядам. Приведена характеристика видового состава, выявлены доминирующие виды.

Ключевые слова: Республика Татарстан, весенние водоемы, микротурбеллярии, фауна.

Временные весенние водоемы обнаруживают высокий уровень таксономического разнообразия, однако, их фауна в Среднем Поволжье является слабо изученной. На территории Татарстана исследования фауны весенних водоемов проводились лишь в конце XIX столетия на примере ресничных (Platyhelminthes: Catenulida, Rhabditophora) окрестностей г. Казани [1]. Работы в данном направлении были возобновлены нами в 2010-х годах на территории Раифского участка Волжско-Камского заповедника (Зеленодольский [2] и Лаишевский районы Республики Татарстан [3]). В настоящем сообщении приводятся результаты изучения состава и встречаемости ресничных червей в весенних водоемах Казани.

Материалом для исследования послужили пробы из трех водоемов, расположенных в Дербышкинском лесу на территории Советского района г. Казани. Это временный водоем на опушке леса (N 55°52'56,5", E 49°12'51,3"), сфагновое болото (N 55°52'52,1", E 49°12'43,6") и безымянное озерцо (N 55°53'03,8", E 49°12'15,5"). Лес представляет собой сосняк ландышево-волосистоосоковый, сами водоемы окружены кустарником с доминированием *Salix cinerea* L. Отбор проб проводился в 2015, 2016, 2021 и 2022 годах в период с 28 апреля по 24 мая. Сбор материала осуществлялся вручную, путем смыва организмов с водных растений и листового опада. Определение таксономической принадлежности червей проводилось по прижизненным особенностям их морфологии. Использовались определительные ключи Лютера [4–6], Рогозина [7] и др. Для анализа экологической значимости видов проведены расчеты индекса доминантности (*D*) по формуле Палия-Ковнацки [8].

Всего обработано 25 качественных проб, содержащих 587 экземпляров ресничных червей, среди которых определено 20 видов, принадлежащих к 6 семействам и 3 отрядам (табл.). Отряд Rhabdocoela представлен 13 видами, Catenulida – 5 видами, а Macrostromorpha – 2 видами.

Таблица

**Видовой состав микротурбеллярий в весенних водоемах  
Дербышкинского леса (2015–2022 гг.)**

№	Название таксона / водоем	Временный водоем (n=19)	Сфагновое болото (n=2)	Безымянное озеро (n=4)
Отряд Catenulida Meixner, 1924				
Семейство Catenulidae Graff, 1905				
1	<i>Catenula lemnae</i> Duges, 1832		106	
Семейство Stenostomidae Vejdovsky, 1880				
2	<i>Stenostomum grabbskogense</i> Luther, 1960	1	1	1
3	<i>Stenostomum leucops</i> (Duges, 1828)		7	1
4	<i>Stenostomum cf. perforatum</i> Beklemischev, 1921			1
5	<i>Stenostomum unicolor</i> Schmidt, 1848	3	1	2
Надотряд Macrostromorpha Doe, 1986				
Семейство Macrostromidae van Beneden, 1870				
6	<i>Macrostromum distinguendum</i> Papi, 1951	20	3	
7	<i>Macrostromum rostratum</i> Papi, 1951	3		
Отряд Rhabdocoela Meixner, 1925				
Семейство Polycystididae Graff, 1905				
8	<i>Gyratrix hermaphroditus</i> Ehrenberg, 1831 s.l.	149	31	13
Семейство Dalyelliidae Graff, 1905				
9	<i>Gieysztoria cuspidata</i> (Schmidt, 1861)			2
10	<i>Gieysztoria rubra</i> (Fuhrmann, 1894)	1		5
11	<i>Gieysztoria</i> sp. 1 sensu Tokinova & Berdnik, 2022 [9]	1		
12	<i>Microdalyellia kupelwieseri</i> (Meixner, 1915)	4		
13	<i>Microdalyellia nanella</i> (Beklemischev, 1921)	105	34	7
14	<i>Microdalyellia picta</i> (Schmidt, 1848)		6	
Семейство Typhloplanidae Graff, 1905				
15	<i>Bothromesostoma personatum</i> (Schmidt, 1848)	27		1
16	<i>Mesostoma craci</i> Schmidt, 1858	8		
17	<i>Mesostoma punctatum</i> Braun, 1885	12		9
18	<i>Opisthomum</i> sp.		2	
19	<i>Phaenocora unipunctata</i> (Oersted, 1843)	13		
20	<i>Rhynchomesostoma rostrata</i> (Müller, 1773)		5	2
	Количество экземпляров	347	196	44
	Количество видов	13	10	11

По встречаемости червей и их относительному обилию к доминантным видам в экосистеме временного водоема относятся калипторинхия *G. her-*



*maphroditus* ( $D = 42,9$ ) и далиеллида *M. nanella* ( $D = 24,8$ ), а к субдоминантным *B. personatum* ( $D = 4,2$ ), *M. distinguendum* ( $D = 3,1$ ), *Ph. unipunctata* ( $D = 2,4$ ) и *M. punctatum* ( $D = 1,9$ ). Такая структура доминирования сохранялась в водоеме в течение всего периода исследования, несмотря на его ежегодное летнее высыхание. Вероятно, это происходит благодаря ежегодному возобновлению популяции ресничных червей из покоящихся яиц.

В сфагновом болоте к доминантным видам относятся катенудида *C. lemnae* ( $D = 54,1$ ) и *G. hermaphroditus* ( $D = 15,8$ ), а к субдоминантным *M. nanella* ( $D = 8,7$ ), *S. leucops* ( $D = 3,6$ ), *R. rostrata* ( $D = 2,6$ ) и *M. picta* ( $D = 1,5$ ). В безымянном озере к доминантным видам относятся *G. hermaphroditus* ( $D = 29,5$ ), *M. nanella* ( $D = 15,9$ ) и *G. rubra* ( $D = 11,4$ ), а к субдоминантным *M. punctatum* ( $D = 6,8$ ), *G. cuspidata* ( $D = 3,0$ ), *R. rostrata* ( $D = 3,0$ ) и *S. unicolor* ( $D = 3,0$ ).

По структуре доминирования население ресничных червей временно водоема имеет близкое сходство с населением безымянного озера. Сфагновое болото выделяется в связи с количественным обилием *Catenula lemnae*, характерным представителем сообщества микротурбеллярий сфагновых болот.

Большинство из обнаруженных червей относится к видам, встречающимся в течение всего вегетационного сезона и в других типах водных экосистем. К типичным весенним формам, обитающим в мелких водоемах, можно отнести *Microdalyellia nanella*, *Mesostoma craci* и *Mesostoma punctatum* [5, 6].

Таким образом, исследование весенних водоемов Казани позволило выявить в них высокое разнообразие населения свободноживущих плоских червей. Весенняя фауна водоемов Дербышкинского леса по видовому богатству имеет сходство с ранее изученными нами водоемами Лаишевского района Республики Татарстан [3]. Здесь сохраняется доминирующая роль хоботковой микротурбеллярии *G. hermaphrodites* и представителей семейства Dalyelliidae. Среди последних в качестве доминанта выступает *M. nanella*, тогда как в весенних водоемах Лаишевского района эта роль переходит к *M. picta*.

#### Библиографический список

1. Забусов И. П. Очерк фауны прямокишечных турбеллярий окрестностей г. Казани // Прилож. к протоколу засед. Об-ва естествоисп. при Казан. ун-те. 1895. № 151. С. 1–15.
2. Токинова Р. П., Бердник С. В., Гордиенко Т. А. Видовой состав микротурбеллярий (Plathelminthes: Catenulida, Rhabditophora) водоемов Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны // Труды Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. 2016. Вып. 7. С. 91–102.
3. Бердник С. В., Токинова Р. П. Видовой состав микротурбеллярий в весенних водоемах Лаишевского района Республики Татарстан // Биологическое разнообразие – основа устойчивого развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. Грозный-Махачкала : АЛЕФ, 2018. С.60–63.
4. Luther A. Die Turbellarien Ostfennoskandiens. I. Acoela, Catenulida, Macrostromida, Lecithoepitheliata, Prolecithophora und Proseriata // Fauna Fennica. 1960. Vol. 7. 155 s.

5. Luther A. Die Turbellarien Ostfennoskandiens. IV. Neorhabdocoela 2. // Fauna Fennica. 1963. Vol. 16. 163 s.

6. Luther A. Die Dalyelliiden (Turbellaria Neorhabdocoela). Eine Monographie // Acta zool. Fennica. 1955. Vol. 87. 337 s.

7. Рогозин А. Г. Класс Ресничные черви (Turbellaria) // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб. : ЗИН РАН, 1994. Т. 1. С. 18–50, 170–197.

8. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.

9. Токинова Р. П., Бердник С. В. Видовой состав и встречаемость свободноживущих плоских червей (Plathelminthes) в пресноводной фауне Среднего Поволжья // Зоологический журнал. 2022. Т. 101. № 6. С. 603–615. doi: 10.31857/S0044513422040122

## **О ВЛИЯНИИ ЕВРОПЕЙСКОГО ЛОСЯ – *ALCES ALCES* НА ЛЕСНОЙ ПОДРОСТ**

**Я. А. Береснев**

*Вятский государственный университет, zxfss@mail.ru*

В статье представлен опыт изучения влияния европейского лося – *Alces alces* на лесной подрост в Новобыстрицком лесничестве Кировской области. Были выделены основные типы повреждений лесного подроста и произведён их количественный учёт. Для сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris* была выявлена зависимость количества и видов повреждений от её возраста.

Ключевые слова: подрост, лось, повреждение коры, скусывание боковых побегов, заломы.

Лось европейский – *Alces alces*, широко распространённый вид на территории Российской Федерации [1]. Он является объектом любительской и спортивной охоты, источником различной охотничьей продукции: мясо, рога, жир. Для Кировской области лось – это неотъемлемая часть лесных экосистем. В основном они кормятся в ивняках и осинниках. В морозы и при отсутствии ветровала лоси питаются почти исключительно ветками и хвоей хвойных деревьев [2].

Лесной подрост составляет основу для формирования последующих насаждений после проведённой рубки или ветровала. Наличие на участке жизнеспособного подроста хозяйственно ценных пород деревьев обеспечивает стабильный и качественный процесс лесовозобновления после гибели или рубки древостоя [3].

Уже с середины XX века работниками лесной отрасли было замечено, что при высокой численности и плотности населения лесные копытные животные, выступают в роли угнетателей молодняка некоторых древесных пород местной флоры [4]. Данный факт может стать серьёзной проблемой при естественном, а также искусственном способе лесовозобновления.

Для того чтобы предотвратить или минимизировать ущерб, наносимый лосями, необходимо применять различные методы, а именно: следить за состоянием и качеством кормовой базы (особенно в зимний период), при необходимости регулярно проводить комплекс биотехнических мероприятий. При высоком количестве и плотности лосей производить не только регулирование численности (является не однозначным методом, т.к. часто охотничьи хозяйства заинтересованы в сохранении поголовья зверя в угодьях), но и создавать условия для равномерного распределения животных [5].

Согласно исследованиям А. А. Козловского участки с поврежденными лосями насаждениями распределяются по следующим трем категориям интенсивности [4]:

I категория – насаждения, поврежденные в сильной степени. К ним относят участки, в которых сильно поврежденных деревьев имеется 51% или более, считая от числа всех деревьев кормовых пород на данном участке.

II категория – насаждения, поврежденные в средней степени. К ним относят участки, в которых сильно поврежденных деревьев имеется от 26 до 50% числа всех деревьев кормовых пород.

III категория – насаждения, поврежденные в слабой степени, когда тех же деревьев имеется от 10 до 25%. Участки, где поврежденные деревья составляют менее 10%, относят к числу неповрежденных.

Целью работы было выявить влияние европейского лося на лесной подрост на территории квартала № 20 Новобыстрицкого лесничества.

Объектом нашего исследования является подрост берёзы повислой – *Betula pendula*, сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris*, ели европейской – *Picea abies*, осины обыкновенной – *Populus tremula*, 20 квартале Новобыстрицкого лесничества.

Площадь выбранного для исследования участка составляет 1 га. В пределах участка произрастает молодой подрост (самосев) хвойных и лиственных деревьев, сформировавшийся на месте вырубki. Формула древостоя 7С2Б1Е. Со всех сторон участок окружают естественные насаждения сосны, ели (III–IV класса возраста), берёзы (VII класса возраста). Главным критерием для выбора участка послужило активное посещение его лосем в разное время года.

Для подсчёта общего количества деревьев, растущих в данном месте и повреждённых лосем, мы разделили данный участок на 10 пробных площадей (каждая 10x10 м) и подсчитали видовой и возрастной состав древесных пород, а также характер их повреждений. При проведении учёта повреждений нами было выделено 3 наиболее часто встречаемых в данном месте вида: повреждение коры, скусывание боковых побегов (скусывание верховых побегов не было обнаружено), заломы веток и/или стволов деревьев.

Результаты полученных данных представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Общая характеристика древесных пород на исследуемом участке и их поврежденность**

Порода	Встречаемость, %	Возраст, лет	Кол-во деревьев	Кол-во повреждённых, шт, %	Повреждения		
					повреждение коры	скусывание боковых побегов	заломы
Сосна	73,5	3–12	503	176 (35%)	41	98	37
Берёза	15,7	2–8	108	31 (28%)	–	5	26
Ель	7,8	4–28	53	12 (23%)	8	4	–
Осина	5	4–10	34	10 (29%)	10	–	–

Таким образом, из 685 деревьев, произрастающих на участке было повреждено 226 (33%). Это означает то, что исследуемый участок соответствует II категории интенсивности повреждений лосем согласно классификации А. А. Козловского [4].

По встречаемости повреждений доминирующим видом в древостое является сосна обыкновенная (73,5%), содоминанты: берёза повислая (15,7%) и ель обыкновенная (7,8%).

По поврежденности лосем в процентном соотношении лидерами являются: сосна обыкновенная (35%), осина обыкновенная (29%), берёза повислая (28%).

По типу повреждения преобладает скусывание боковых побегов ( $n = 110$ ), причём наибольшее число случаев отмечено для сосны ( $n = 98$ ). По нашему мнению, это вызвано тем, что именно веточный корм имеет самую большую калорийность и насыщенность минеральными, витаминными комплексами, наиболее мягок и удобен для потребления. Для сосны также отмечено максимальное количество других типов повреждений: повреждение коры ( $n = 41$ ) и заломы ( $n = 37$ ). Минимальное количество повреждений отмечено для осины, что, вероятнее всего, обусловлено незначительным количеством деревьев, вследствие чего этот участок не представляет интереса как кормовая площадка по этому древесному виду. Интересен факт употребления лосем ели – малопригодного для него пищевого ресурса.

Так как сосна является наиболее повреждаемым лосем видом, мы предприняли попытку выявить зависимость характера повреждения от возраста (табл. 2).

Таблица 2

**Зависимость характера повреждений сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris* от её возраста**

Возраст, лет	Повреждение коры	Скусывание боковых побегов	Заломы
3–5	8	29	3
5–8	30	60	27
8–12	3	9	7

Наибольший пищевой интерес для европейского лося представляет сосна в возрасте 5–8 лет. Вероятно, это обусловлено наиболее удобным расположением веточного корма – на уровне головы взрослого животного (около 2 м), а также тем, что ветви сосны этого возраста пока ещё мягкие и сочные.

Таким образом, на выбранном участке выявлено отрицательное влияние лося на лесной подрост. Как минимум 33% от произрастающих на выбранной территории деревьев были подвергнуты каким-либо видам повреждений, что привело к нарушению их роста, развития, созданию условий для развития грибковых и бактериальных поражений, в отдельных случаях к гибели. Наибольшему повреждению подвержены сосны в возрасте 5–8 лет.

#### Библиографический список

1. Млекопитающие России: список видов и прикладные аспекты : сб. трудов Зоологического музея МГУ. Т. 56. / А. А. Лисовский, Б. И. Шефтель, А. П. Савельев, О. А. Ермаков, Ю. А. Козлов, Д. Г. Смирнов, В. В. Стахеев, Д. М. Глазов. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2019. 191 с.
2. Козлов В. М. Влияние рубок леса на среду обитания и популяции охотничьих животных европейской тайги. Киров : ВятГСХА, 2010. 148 с.
3. Влияние лося на подрост сосны обыкновенной на Алтае / С. В. Залесов, Л. А. Белов, В. В. Савин, А. Ю. Толстик // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2016. № 4(45). С. 82–88.
4. Козловский А. А. Лесные охотничьи угодья. М. : Лесная промышленность, 1971. 159 с.
5. Динесман Л. Г. Вредная деятельность копытных в лесхозах СССР // Роль диких копытных животных в лесном хозяйстве: доклады совещания. М. : «Изд-во Акад. наук СССР», 1959. С. 5–24.

### ФАУНА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ «КАРМАН КУРЫК»

Г. А. Богданов<sup>1</sup>, П. В. Бедова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГПЗ «Большая Кокшага»,

<sup>2</sup> Марийский государственный университет, bedova@marsu.ru

Представлены материалы исследования фауны позвоночных животных на территории памятника природы Республики Марий Эл «Карман Курык». Позвоночные животные представлены 91 видом: класс Земноводные 5 видов; класс Пресмыкающиеся 5 видов; класс Птицы 65 видов; класс Млекопитающие – 21 вид. На территории памятника природы «Карман Курык» обнаружены редкие, находящиеся под угрозой исчезновения и занесённые в Красную книгу Республики Марий Эл позвоночные животные: перепел – *Coturnix coturnix* (Linnaeus, 1758) – 3 – редкий вид; пустельга – *Falco tinnunculus* (Linnaeus, 1758) – 3 – редкий вид; бурундук сибирский – *Tamias sibiricus* (Laxmann, 1769) – 2 – сокращающийся в численности вид.

Ключевые слова: памятник природы, фауна, позвоночные животные, птицы, амфибии, рептилии, млекопитающие, редкие виды, охраняемые виды.

Памятник природы республиканского значения Республики Марий Эл «Карман Курык» образован постановлением Совета Министров Марийской АССР от 30 декабря 1976 года № 868 «Об утверждении мероприятий по усилению охраны памятников природы, диких животных и растений, находящихся под угрозой исчезновения».

Площадь особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Карман Курык» – 36 га. Лесные площади занимают 15 га. Лугами и пустошами заняты 21 га. Особенность ООПТ «Карман Курык» – это выходы на поверхность известняков и доломитов казанского яруса пермской системы и карстовые явления [1, 2].

Ранее на данной территории изучалась фауна насекомых, их видовой состав и количественные характеристики энтомофауны [3, 4]. Отдельно были проведены исследования по изучению прямокрылых насекомых [5].

Фауна позвоночных животных до настоящего времени не обследовалась, несмотря на очень интересный ландшафт памятника природы. Возможно, изучение позвоночных животных не привлекало исследователей в виду малой площади ООПТ.

Целью наших исследований было изучение фауны наземных позвоночных животных территории памятника природы «Карман Курык».

Фауна позвоночных животных изучалась визуально, с помощью бинокля, фотоаппарата. Учеты птиц проводились на маршрутах по голосам в гнездовой период [6, 7]. Для изучения численности мелких млекопитающих применялась методика учетов численности мелких млекопитающих на ловушкочертах [8]. Определение позвоночных животных проводили по определителям [9–11].

Территория ООПТ «Карман Курык» весьма бедна водными объектами. Здесь имеется всего один непересыхающий водоем, расположенный у восточного края ООПТ. Здесь нерестятся гребенчатый и обыкновенный тритон, озерная лягушка. Еще три водоема, расположенные по днищу карстового рва временные, где талая вода сохраняется до июня, иногда до конца июля месяца. Здесь нерестятся лягушки.

Два не пересыхающие водоема находятся в непосредственной близости от ООПТ «Карман Курык» в 300 м в сторону урочища Малый Карман Курык и 0,5 км в сторону деревни Абдаево. Отсюда попадают на территорию ООПТ серые и зеленые жабы.

По данным наших исследований в составе батрахофауны установлено наличие пяти видов: *тритон гребенчатый* – *Triturus cristatus* (Laurenti, 1768); *тритон обыкновенный* – *Lissotriton vulgaris* (Linnaeus, 1758); лягушка озерная – *Rana ridibunda* (Pallas, 1771); лягушка остромордая – *Rana arvalis* (Nilsson, 1842); лягушка травяная – *Rana temporaria* (Linnaeus, 1758).

Отряд Хвостатые земноводные представлен двумя видами тритонов, а отряд Бесхвостые земноводные тремя видами лягушек.

Класс пресмыкающиеся насчитывает пять видов животных: веретеница ломкая – *Anguis fragilis* (Linnaeus, 1758); ящерица прыткая – *Lacerta agilis* (Linnaeus, 1758); ящерица живородящая – *Lacerta vivipara* (Jac-quin, 1787); гадюка обыкновенная – *Vipera berus* (Linnaeus, 1758); уж обыкновенный – *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758).

Подотряд Ящерицы представлен двумя видами ящериц и одним видом веретенниц, а подотряд Змеи представлен гадюкой обыкновенной и ужом обыкновенным.

На территории ООПТ «Карман Курык» обнаружено 65 видов птиц, относящихся к 26 семействам из 8 отрядов. Такое количество видов (22,5% от всей орнитофауны республики) на сравнительно небольшой по площади территории считается значительным, т.к. вся территория однообразна с небольшим количеством водоемов и лесов и значительным преобладанием полей и лугов.

Всего на гнездовании обнаружено 40 видов птиц. Остальные 25 видов – это случайные залеты во время миграций, кочевок и кормежки.

Из Красной книги Республики Марий Эл здесь обитают два вида – перепел и пустельга обыкновенная [12].

Фауна млекопитающих ООПТ «Карман Курык» изучена достаточно слабо. В результате собственных исследований, опроса местных жителей, охотников составлен список млекопитающих, включающий 21 вид, относящихся к 5 отрядам из 10 семейств. Необходимо дальнейшее исследование, особенно мышевидных грызунов и представителей отряда Рукокрылые.

Постоянными и частыми обитателями территории являются мышевидные грызуны, буроzubки. Крупные млекопитающие, из-за маленькой площади ООПТ не могут здесь постоянно обитать. Кормовая база для них ограничена, а также территория ООПТ имеет высокую привлекательность для туристов. Памятник природы лежит среди бывших и настоящих с/х угодий и до ближайшего сплошного массива лесов не менее 10 км.

Таким образом, результаты проведенных нами исследований, позволяют сделать следующие выводы: фауна позвоночных животных ООПТ «Карман Курык» представлена 91 видом: по 5 видов из классов Amphibia и Reptilia; 65 видов из класса Aves; 21 вид из класса Mammalia. На изученной территории памятника природы обнаружены редкие, находящиеся под угрозой исчезновения и занесённые в Красную книгу Республики Марий Эл животные: перепел – *Coturnix coturnix* (Linnaeus, 1758) – 3 – редкий вид; пустельга – *Falco tinnunculus* (Linnaeus, 1758) – 3 – редкий вид; бурундук сибирский – *Tamias sibiricus* (Laxmann, 1769) – 2 – сокращающийся в численности вид.

### Библиографический список

1. Иванов Н. В. География Марийской АССР. Йошкар-Ола : Марийское книжное изд-во, 1992. 104 с.
2. Эколого-географический атлас. [Электронный ресурс]. – URL: <https://xn--12-glci9b.xn--p1ai/atlas> (дата обращения: 12.03.2023).
3. Бушков М. А. Видовой состав насекомых ООПТ «Карман Курык» // Студенческая наука и XXI век. 2021. Т. 18. № 1(21). Ч. 1. С. 10–12.
4. Прохорова М. А. Предварительные результаты количественного учета насекомых ООПТ «Карман Курык» // Современные проблемы естественных наук и фармации : сб. статей Всерос. науч. конф. Вып. 11. Йошкар-Ола, 2022. С. 79–81.
5. Кармазина И. О., Бедова П. В., Шулаев Н. В. Фауна прямокрылых (Orthoptera) Республики Марий Эл // Труды Казанского отделения Русского энтомологического общества. Вып. 5. : материалы докладов II Чтений памяти профессора Эдуарда Александровича Эверсмана. Казань : ООО «Олитех», 2018. С. 21–24.
6. Благосклонов К. Н., Осмоловская В. И., Формозов А. Н. Учет численности воробьиных, дятловых и ракшеобразных птиц // Методы учета численности и географического распределения наземных позвоночных. М. : Изд-во академии наук СССР, 1952. С. 316–328.
7. Ефремов П. Г., Балдаев Х. Ф. Животный мир Марийской АССР. Птицы. Йошкар-Ола : Мар. кн. изд-во, 1985. 156 с.
8. Карасева Е. В., Телицына А. Ю. Методы изучения грызунов в полевых условиях: Учеты численности и мечение. М. : Наука, 1996. 227 с.
9. Коблик Е. А., Колякин М. В. Полный определитель птиц европейской части России в 3-х томах. М. : Фитон, 2012. 892 с.
10. Банников А. Г., Даревский И. С. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР. М. : Просвещение, 1977. 415 с.
11. Наземные звери России / И. Я. Павлинов, С. В. Крускоп, А. А. Варшавский, А. В. Борисенко : справочник-определитель. М. : Изд-во КМК, 2002. 298 с.
12. Красная книга Республики Марий Эл. Том «Животные». Йошкар-Ола : МарГУ, 2016. 256 с.

### СИНАНТРОПНЫЕ ПТИЦЫ МИКРОРАЙОНА ВАВИЛИНСКИЙ ЗАТОН (г. КЫЗЫЛ) В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД

*О. В. Дандаа*

*Тувинский государственный университет, dandaa2020@mail.ru*

Видовой состав и население синантропная фауна г. Кызыла изучен [1], однако недостаточно исследованными остаются популяции его окраин и новых микрорайонов на начальном этапе формирования его населения. В работе приведены данные по выявлению видового состава и плотности населения синантропных видов птиц в осенне-зимний период на территории микрорайона Вавилинский затон на северо-западной окраине города Кызыл.

Обитающих постоянно здесь птиц не много и численность их зимой низка, доминируют наиболее синантропизированные виды – домовый и полевой воробей, сизый голубь и большая синица. В санитарном отношении поселок благополучный, употребляемые птицам корма в основном семена дикой



степной и рудеральной растительности. Врановых птиц мало, так как зимой мало для них кормов и в теплое время нет мест гнездования.

Ключевые слова: синантропные птицы, осенне-зимний период, Вавилинский затон, Республика Тыва, Кызыл.

С 2015 г. город Кызыл начал расширять свои границы с северной стороны за счет появления нового района «Вавилинский затон», на сегодня ее площадь составляет около 2008 га. Раньше эта территория относилась к Пий-Хемскому кожууну, представляла собой сухой, высокий и каменистый участок верхней террасы в месте слияния рек Бий-Хем и Улуг-Хем. Почвы здесь сильно трансформированы за счет техногенного воздействия и выпаса скота. На сегодня Вавилинский затон быстро развивается и застраивается частным сектором (рис. 1).



Рис. 1. Вавилинский затон

На данной территории были заложены модельные участки для площадочного учета. Для более быстрого и полного набора материала по выявлению видового состава птиц были заложены еще и маршрутные трансекты [2]. Эти модельные маршруты и площадки заложены только в пределах расположения жилых строений. За весь период исследований суммарная длина маршрута составила более 60 км. Для соблюдения условий учета соблюдали скорость перемещения учетчика, которая не превышала 2,5 км/час. Птицы, находившиеся выше возможностей определения, выходявшие за ширину площадок и трансект в учеты не брались. Повторяемость учетных работ нивелировали эти погрешности.

Выявленные птицы на данной территории относятся к представителям 2 отрядов: голубеобразные – *Columbiformes* (1 вид), воробьинообразные – *Passeriformes* (6 видов) и к 4-м семействам. Общее количество учтенных видов – 7 (сизый голубь, сорока, полевой воробей, домовый воробей, ворон, ворона, большая синица). Голубь сизый (*Columba livia*), домовый воробей (*Passer domesticus*), сорока (*Pica pica*) в осенне-зимний период составляют «синантропное ядро». Полевой воробей (*Passer montanus*) на территории Вави-

линского затона, особенно в зимнее время является постоянным обитателем (рис. 2). Так же к видам, которые обитали здесь до начала строительства относится сорока. Сорока самый многочисленный вид птицы. С 2017 года начал появляться и домовый воробей. В течение зимнего периода к наиболее часто встречающимся видам относятся черная ворона (*Corvus corone*) и ворон (*C. corax*).

Таблица

**Средняя плотность населения синантропных птиц (ос/10 га)**

Год	Сезоны года	Домовый воробей	Полевой воробей	Голубь сизый	Большая синица	Черная ворона	Сорока	Ворон	Средняя плотность населения
2017–2018 гг.	Осень	0,5	1,65	0	0,15	0,75	0,05	0,6	0,5
2017–2018 гг.	Зима	1,5	0,6	0	1,5	0,5	0,1	0,1	0,6
2019–2020 гг.	Осень	4,4	3,3	1,5	1,3	1,8	1,7	0,9	2,1
2019–2020 гг.	Зима	3,0	3,0	0,6	2,0	0,8	0,7	0,5	1,5
2021–2022 гг.	Осень	6,05	4,9	3,75	1,95	2,55	2,25	1,9	3,3
2021–2022 гг.	Зима	4,0	3,5	1,9	2,3	0,7	1,0	1,6	2,1
Средняя численность видов в холодное время года:		3,2	2,8	1,3	1,5	1,2	1	1	1,7
Доля в населении (%):		26,6	23,3	10,8	12,4	10	8,2	8,2	

С наступлением холодного времени года численность птиц увеличивается (табл.), а к наступлению теплого времени года плотность населения снижается. Скорее всего древесно-кустарниковые виды птиц на период гнездования покидают сильно открытые пространства и перемещаются в пойменные заросли и отходят к отрогам гор с лесной растительностью, где больше влажность и больше кормов.

С наступлением холодов птицы возвращаются в пределы населенного пункта, хотя данные виды птиц нельзя назвать птицами только этого поселка. Они свободно перелетают реку и какую-то часть времени проводят в городе Кызыл. Поэтому показатели в таблице 1 – это средняя численность птиц осенью и зимой в данном биотопе микрорайона, которая составляет от 1 до 3,2 ос/10 га. Это самое начало формирования синантропного комплекса птиц.

Как показывает диаграмма (рис. 2) плотность населения птиц за последние 5 лет по мере застройки поселка, из-за появления разнообразия условий обитания, увеличивается. Лидирующее место в доле населения птиц занимают воробьи, сизый голубь и большая синица, при чем воробьев в два ра-

за больше по численности. Врановых мало, скорее всего зимой для них недостаточно кормов по сравнению с городом, где имеются мусорные баки и свалки. Этот микрорайон – спальный район, где люди утром уезжают на работу и возвращаются вечером, производство еды минимально. С наступлением теплого времени года врановые уйдут в места с соснами и тополями, так как здесь нет мест для их гнездования, останутся лишь единицы на время дневного кормления. Построенные дома не являются классическим селом, так как нет скотоводства и огородничества. Все это сказывается на плотности населения птиц, в том числе ворон сорок и ворона.

Сезонная динамика плотности населения у черной вороны, сороки, домового воробья более выражена по сравнению с синицей и вороном. Их чуть больше в теплое время года и так как этих птиц в целом мало, и какие-либо изменения почти не сказываются на состоянии их популяций.

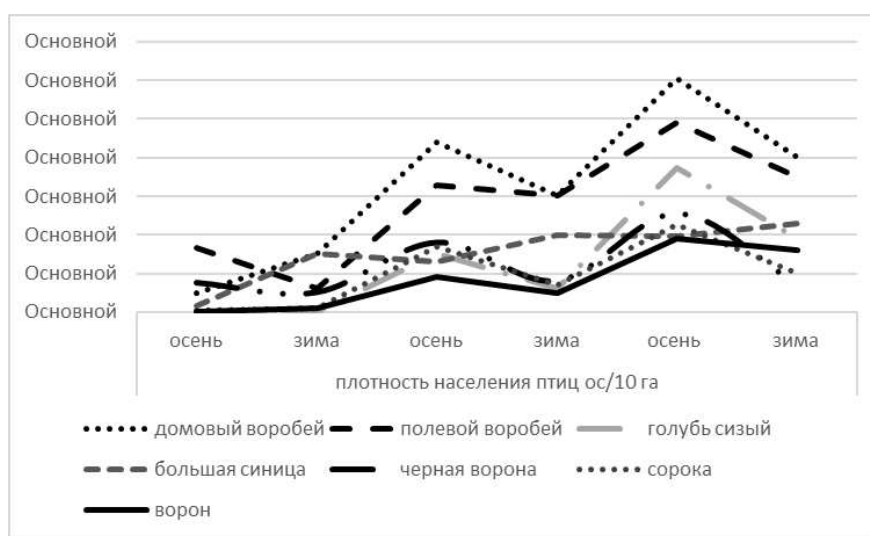


Рис. 2. Динамика плотности населения птиц по годам (последовательно: 2017–2018, 2019–2020, 2021–2022 гг.)

Оба вида воробья охотно кормятся во дворах, так как заборы и сами строения способствуют сбору в углублениях грунта возле них семян степных сорняков.

Врановые, по территории Вавилинского затона обитали и до начала строительства поселка. В теплое время года за счет размножающейся в сухой степи саранчи биомасса кормов здесь более или менее стабильна. Но с похолоданием они переходят в места, где можно найти пищевые отходы.

В ходе проведенного исследования выявлены места скопления голубей. На территории микрорайона Вавилинский затон зимой почти полностью отсутствуют естественные враги – собаки на привязи, нет перелетных хищных птиц. Голуби постепенно заселяли этот район, сейчас их довольно много. Популяция местных голубей на 56,7% состоит из темных меланистов (рис. 3). Кызыл очень сухой, мало озелененный город. Зимой отапливается углем, что дает плотный смог и сильно загрязненную почву и снег. Среди голубей отмечаются значительное количество травмированных и больных птиц, так как

они в основном питаются на городских свалках, где мусор горит или тлеет постоянно, и видимо является резервуаром инфекции пера и кератиновых образований клюва и конечностей.

Имеются гибриды светлых и темных морф голубей и их в среднем до 27%. Остальные обычного голубинового окраса, такое перо в течении зимы заметно темнеет за счет загрязнений. Почти не встречаются как на территории затона, так и в самом г. Кызыл признаки культурных пород в окраске голубей, почти совсем нет белых, коричневых, нет гибридов с культурными породами голубей, так как голубеводство – не популярное занятие у местного населения.



Рис. 3. Сизый голубь (*Columba livia*)

Зимние морозы с сильными ветрами заметно сокращает численность птиц, поэтому не только покидание мест зимовок является причиной сокращения численности к концу зимы.

Для отслеживания формирования местной популяции нами проведены исследования на дистанцию испугивания в г. Кызыл и на территории Вавиллинского затона. Результат показал, что это птицы уже синантропные, переместившиеся из города. В целом зимой у всех птиц довольно маленькая дистанция испугивания – в среднем 3,7 м (рис. 4), это показывает тот факт, что пока нет проникновения особей из диких популяций птиц, обитающих в прилегающих к городу естественных биотопов.

Если зима, как неблагоприятный фактор способствует синантропизации и стимулирует вхождению в город отдельных особей из диких популяций птиц [3] из прилегающих к городу экосистем, то на самом начальном этапе строительства населенного пункта это явление практически отсутствует, так как заметных различий в условиях обитания еще не образовалось.

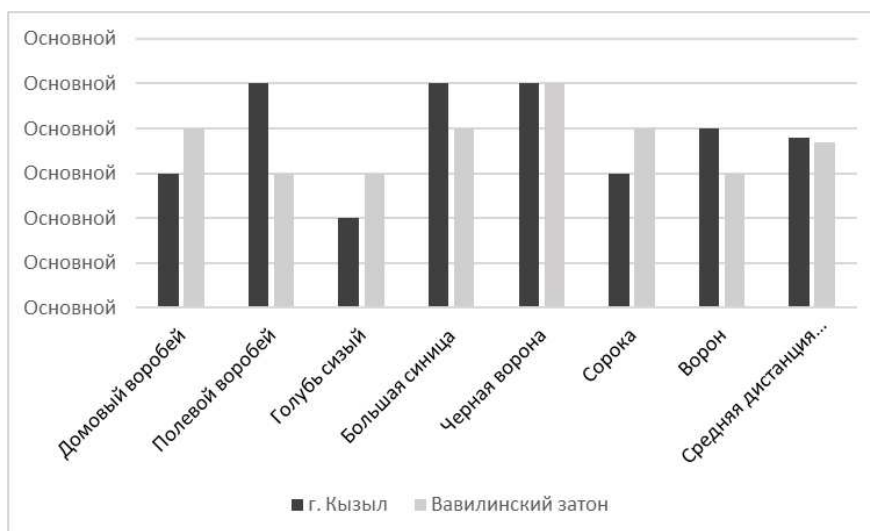


Рис. 4. Средняя дистанция вспугивания птиц (три дня исследований, м)

Незначительно увеличивается дистанция вспугивания у домового воробья, сизого голубя и у сороки. Этот факт лишь подтверждает, что при перемещении на новые места обитания в пределах населенного пункта, птицы даже с высокой степенью синантропизации [4] на первых порах ведут себя чуть осторожнее.

#### Библиографический список

1. Сандакова С. Л., Куксина Д. К. Население птиц г. Кызыл // Сибирская орнитология. Вып. 5 // Вестник Бурятского университета. Специальный серия. Улан-Удэ : Изд-во Бурятского госуниверситета, 2009. Вып. 5. С. 76–98.
2. Равкин Ю. С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск : Наука, 1967. С. 66–75.
3. Сандакова С. Л. Пути и этапы синантропизации // Современные проблемы орнитологии Сибири и Центральной Азии : материалы IV Междунар. орнитологической конф. (Улан-Удэ, 17–20 сентября 2009 г.). Вып. 4. Улан-Удэ, 2009. С. 29–35.
4. Сандакова С. Л. Птицы селитебных ландшафтов северной части Центральной Азии (фауна, население и экология) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Улан-Удэ : Изд-во БГУ, 2010. 50 с.

### БЫСТРАЯ АДАПТАЦИЯ НЕМАТОДЫ *CAENORHABDITIS ELEGANS* К АНТИГЕЛЬМИНТНОМУ ПРЕПАРАТУ ПИРАНТЕЛУ

*А. В. Егорова, А. Ф. Гатиятуллина, Т. Б. Калининкова*  
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук  
Республики Татарстан, *tbkalinnikova@gmail.com*

В экспериментах с *Caenorhabditis elegans* выявлена быстрая адаптация нематод к пирантелу в концентрации 62,5–250 мкМ. Повторное введение пирантела в среду инкубации восстанавливает чувствительность *C. elegans* к этому препарату.

Ключевые слова: *Caenorhabditis elegans*, пирантел, антигельминтные препараты, лекарственная устойчивость гельминтов

В структуре заболеваемости населения гельминтозы занимают второе место после гриппа и острых респираторных заболеваний. По оценкам Всемирной организации здравоохранения различными гельминтозами заражены не менее двух миллиардов человек. Только по данным официальной статистики гельминтозы ежегодно являются причиной смерти 135 тыс. человек. Однако по мнению ряда специалистов реальная зараженность населения гельминтами превышает данные официальной статистики по меньшей мере в 10 раз [1]. У пациентов, зараженных гельминтами, наблюдается снижение иммунитета, различные аллергические реакции, нарушения работы желудочно-кишечного тракта, анемия, неврологические проявления и нарушение эндокринного гомеостаза. В комплексной терапии гельминтозов главную роль играет применение синтетических антигельминтных препаратов. К недостаткам использования этих препаратов относятся быстрое приобретение паразитами лекарственной устойчивости и сложность подбора терапевтической дозы и схемы применения препарата. В справочнике М. Д. Машковского «Лекарственные средства» [2] дозировка большинства противонематодозных средств определяется возрастом пациента, а не массой его тела. Для некоторых препаратов рекомендуются разные схемы применения при лечении одних и тех же гельминтозов. Например, пирантел при лечении некатороза и сочетания некатороза с аскаридозом может назначаться как 10 мг/кг в течение трех дней, так по 20 мг/кг в течение двух дней [2]. Ранее нами была показана быстрая адаптация нематод к низким (30 мкМ) дозам пирантела [3]. Целью настоящей работы явилось изучение возможности адаптации нематод к высоким (до 250 мкМ) дозам пирантела в экспериментах со свободноживущей почвенной нематодой *Caenorhabditis elegans*. Эта нематода успешно используется для оценки биологической активности антигельминтных препаратов благодаря сходству строения тела, физиологии и нейрохимии с паразитическими нематодами. Преимуществами использования *C. elegans* при испытании фармакологических веществ, по сравнению с паразитическими нематодами, является безопасность для исследователя, простота и дешевизна выращивания в лаборатории, короткий жизненный цикл и возможность получения большого количества особей для эксперимента [4].

В работе использовали *C. elegans* линии дикого типа N2, полученной из *Caenorhabditis Genetics Center*. Эксперименты проводили при 22 °С с молодыми половозрелыми нематодами, выращенными по стандартной методике. Нематод отмывали от среды выращивания, бактерий и экзометаболитов как описано ранее [3] и рассаживали индивидуально в пробирки с буфером M9 [4]. Для приготовления раствора пирантела использовали диметилсульфоксид, который в концентрации до 2% не оказывает негативного влияния на организмы нематод [5]. Пирантел добавляли в пробирки сразу после рассаживания нематод. Конечный объем среды инкубации 1 мл, концентрация диметил-

сульфоксида 0,5%. Критерием токсического действия пирантела служили нарушения моторной программы плавания нематод, индуцированного механическим стимулом. Эти нарушения проявлялись в утрате координации локомоторных мышц, необходимой для синусоидальных движений тела при плавании и неспособности поддерживать плавание в течение 10 с после стимула. Эксперименты проводили в четырех повторностях, для каждой концентрации пирантела использовали 30 нематод. Статистическую обработку проводили с использованием углового преобразования Фишера  $\phi^*$ .

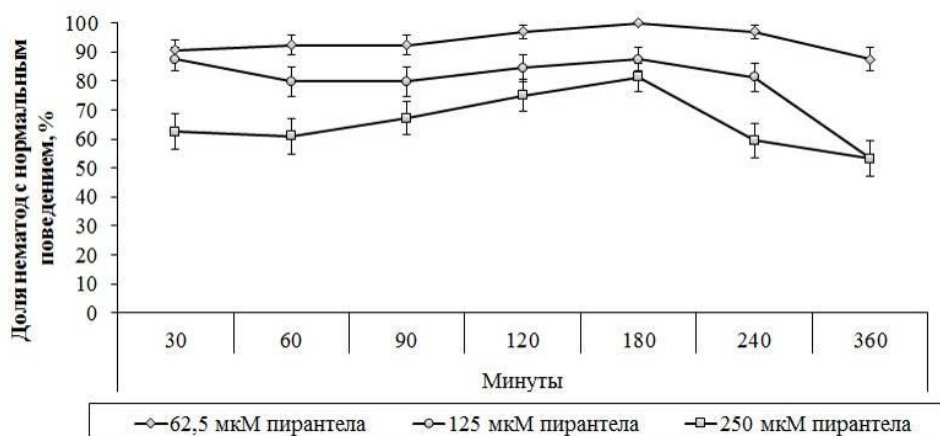


Рис. 1. Действие пирантела на локомоцию *C. elegans*

Пирантел в концентрации 62,5–120 мкМ вызывал дозозависимые нарушения поведения нематод в первые 90 минут (рис. 1). Увеличение времени экспозиции до 90–120 минут приводило к восстановлению нормальной локомоции у части нематод (рис. 1). Более длительная экспозиция (240–360 минут) вновь уменьшала долю *C. elegans* с нормальной локомоцией (рис. 1)

В следующей серии экспериментов была исследована реакция нематод на повторный прием антигельминтика. Для этого через 60 минут после начала эксперимента в среду инкубации повторно добавляли пирантел. Концентрация препарата при этом увеличивалась в два раза по сравнению с исходной. Повышение концентрации пирантела с 250 мкМ до 500 мкМ и с 125 мкМ до 250 мкМ приводило к резкому снижению доли нематод, способных к плаванию (рис. 2). Повышение концентрации пирантела с 62,5 мкМ до 125 мкМ также вызывало снижение доли *C. elegans* с нормальной локомоцией, но это снижение было меньше, чем при первых двух концентрациях (рис. 2).

Ранее колоколообразная кривая «доза–эффект» была описана при действии пирантела на мышцы нематоды *Ascaris suum* [6].

Пирантел является одним из селективных агонистов никотиновых рецепторов L-субтипа [7–9]. Выявленная нами зависимость изменения поведения *C. elegans* от времени экспозиции к пирантелу сходна с той, которая описана для никотина [10]. Развитие токсического действия никотина на *C. elegans* во времени ограничивается противоположно направленным процессом быстрой адаптации нематод к нему [9]. В этой работе показано, что

организм *C. elegans* способен быстро адаптироваться не только к никотину, но и к пирантелу (рис. 1). При увеличении дозы пирантела повторным введением его в среду инкубации чувствительность к нему восстанавливается (рис. 2).

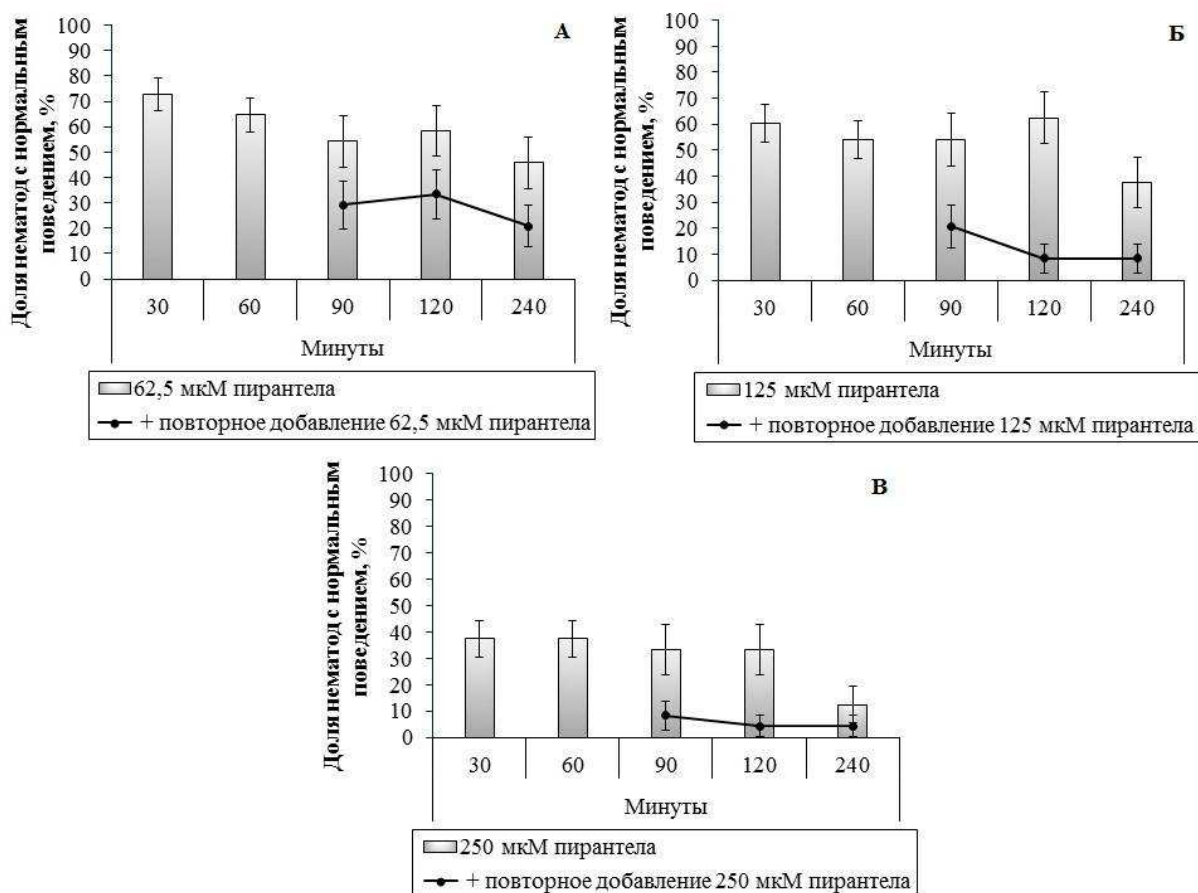


Рис. 2. Влияние повторного введения пирантела в среду инкубации на локомоцию нематод. Пирантел добавляли повторно через 60 мин. А – исходная концентрация пирантела 62,5 мкМ; Б – исходная концентрация пирантела 125 мкМ; В – исходная концентрация пирантела 250 мкМ

Результаты экспериментов позволяют сделать два вывода.

1. Нематода *C. elegans* способна быстро адаптироваться к пирантелу.
2. Повторное введение пирантела в среду инкубации восстанавливает чувствительность *C. elegans* к этому препарату.

#### Библиографический список

1. Современные представления о лечении и диагностике гельминтозов / И. Л. Клярская, И. А. Вильцанюк, Е. И. Григоренко, С. Н. Чернуха // Крымский терапевтический журнал. 2010. № 2. С. 144–147.
2. Машковский М. Д. Лекарственные средства. М. : ООО «Изд-во Новая Волна», 2005. 1200 с.
3. Действие левамизола и пирантела на поведение почвенных нематод *Caenorhabditis elegans* и *Caenorhabditis briggsae* / Р. Р. Колсанова, А. Х. Тимошенко, М. Х. Гайнутдинов, Т. Б. Калининкова // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2011. Т. 153, кн. 2. С. 180–189.



4. Brenner S. The genetics of *Caenorhabditis elegans* // Genetics. 1974. Vol. 77. P. 71–94. doi: 10.1093/genetics/77.1.71
5. *Caenorhabditis elegans* as a model to screen plant extracts and compounds as natural anthelmintics for veterinary use / L. M. Katiki, J. F. S. Ferreira, A. M. Zajac, C. Master, D. S. Lindsay, A. C. S. Chagas, A. F. T. Amarante // Veterinary Parasitology. 2011. Vol. 182. P. 264–268. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.05.020
6. Harrow I. D., Gratton K. A. Mode of action of the anthelmintics morantel, pyrantel and levamisole in the muscle cell membrane of the nematode *Ascaris suum* // Pesticide Sci. 1985. Vol. 16. P. 662–672. <https://doi.org/10.1002/ps.2780160612>
7. Dent J. A. What can *Caenorhabditis elegans* tell us about nematocides and parasites? // Biotechnol. Bioprocess Eng. 2001. Vol. 6. P. 252–263. doi: 10.1007/bf02931986
8. Sleight J. N. Functional analysis of nematode nicotinic receptors // Biosci. Horizons. 2010. Vol. 3. P. 29–39. doi: 10.1093/biohorizons/hzq005
9. Identification and characterization of novel nicotinic receptor associated proteins in *Caenorhabditis elegans* / A. Gottschalk, R. B. Almedom, T. Schedletzky, S. D. Anderson, J. R. Yates III, W. R. Schafer // The EMBO J. 2005. Vol. 24. P. 2566–2578. doi: 10.1038/sj.emboj.7600741
10. *Caenorhabditis elegans* levamisole resistance genes lev-1, unc-29 and unc-38 encode functional nicotinic acetylcholine receptor subunits / J. T. Fleming, M. D. Squire, T. M. Barnes, C. Tornoe, K. Matsuda, J. Ahn, A. Fire, J. E. Sulston, E. A. Baenard, D. B. Sattelle, J. A. Lewis // J. Neurosci. 1997. Vol. 17. P. 5843–5857. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.17-15-05843.1997>

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНИИ IPE1 НЕМАТОДЫ *CAENORHABDITIS ELEGANS* В ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

**Т. Б. Калининкова, А. Ф. Гатиятуллина, А. В. Егорова**  
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук  
Республики Татарстан, [tbkalinnikova@gmail.com](mailto:tbkalinnikova@gmail.com)

Показана повышенная, по сравнению с линией дикого типа N2, чувствительность линии *C. elegans* IPE1 с низкой теплоустойчивостью поведения к агонисту никотиновых рецепторов ацетилхолина левамизолу, ингибитору ацетилхолинэстеразы алдикарбу и соку *Allium sativum*.

Ключевые слова: *Caenorhabditis elegans*, линия IPE1, токсикологический анализ, холинергическая система беспозвоночных.

В настоящее время всё большее значение приобретают исследования, связанные с влиянием токсикантов на флору и фауну. Эти исследования имеют как прикладное значение, так и фундаментальный смысл. Изучение действия токсикантов на различные биологические объекты позволяет, в частности, находить пути исключения теплокровных животных из токсикологических экспериментов. Использование беспозвоночных животных при оценке биологической активности химических веществ позволяет значительно сократить срок получения результата. В последние годы всё более привлекательной моделью в токсикологических исследованиях становится свободно-

живущая почвенная нематода *Caenorhabditis elegans*. Преимуществами этой нематоды по сравнению с другими беспозвоночными является простота и дешевизна культивирования в лаборатории, быстрая смена поколений (*C. elegans* достигают половой зрелости за три дня) и возможность использовать в эксперименте большое количество животных одного возраста. Нервная система *C. elegans* состоит всего из 302 нейронов, функции каждого из которых изучены методами молекулярной биологии [1]. Наличие большого количества мутантных линий *C. elegans* дает возможность проводить эксперименты по выявлению молекулярных мишеней действия токсикантов. Сходство нейрофизиологии и нейрохимии *C. elegans* с другими беспозвоночными и позвоночными животными позволяет экстраполировать полученные результаты на организмы разных таксономических групп. Целью настоящей работы явилось сравнение чувствительности нематод линий N2 и IPE1 к алдикарбу, левамизолу и соку *Allium sativum*.

В работе использовали *C. elegans* линии дикого типа N2, полученной из Caenorhabditis Genetics Center, и линии IPE1, полученной из линии N2 в результате отбора на низкую теплоустойчивость поведения [2]. Эксперименты проводили при 22 °С с молодыми половозрелыми нематодами, выращенными по стандартной методике [1]. Нематод отмывали от среды выращивания, бактерий и экзометаболитов как описано ранее [3] и рассаживали индивидуально в пробирки с NG буфером (рН 7,0) [1]. Сразу после этого в пробирки добавляли исследуемые вещества. Конечный объем среды инкубации 1 мл. Критерием действия токсикантов служили нарушения моторной программы плавания нематод, индуцированного механическим стимулом. Эти нарушения проявлялись в утрате координации локомоторных мышц, необходимой для синусоидальных движений тела при плавании и неспособности поддерживать плавание в течение 10 с после стимула. Эксперименты проводили в четырех повторностях, для каждой концентрации исследуемого токсиканта использовали 30 нематод. Статистическую обработку проводили с использованием углового преобразования Фишера  $\phi^*$ .

Линия IPE1 была получена нами при проведении искусственного отбора на низкую теплоустойчивость поведения [2]. Известно, что при гипертермии в организмах беспозвоночных снижается уровень эндогенного ацетилхолина [3–4]. Поэтому можно было предположить, что у мутантной линии IPE1 произошли изменения в холинергической системе. Нами были проведены эксперименты, в которых сравнивали токсичность агониста никотиновых рецепторов левамизола, ингибитора ацетилхолинэстеразы алдикарба и сока *Allium sativum* для нематод линий N2 и IPE1.

На рисунке показано среднее время появления ошибок моторной программы плавания *C. elegans* при действии исследованных токсикантов. Во всех случаях среднее время нарушения поведения нематод линии IPE1 ниже, чем у нематод линии N2. Исключение составляет концентрация левамизола 125 мкМ, при которой чувствительность нематод обеих линий одинаковая. Эти результаты позволяют сделать вывод о более высокой чувстви-

тельности линии IPE1 к исследованным токсикантам по сравнению с линией N2. Одинаковое время появления ошибок локомоции у нематод линии IPE1 при действии всех исследованных концентраций левамизола (15–125 мкМ) и алдикарба (4–32 мкМ) объясняется высокой чувствительностью *C. elegans* этой линии к левамизолу и алдикарбу. Алдикарб повышает уровень эндогенного ацетилхолина и, как следствие, приводит к гиперактивации холинорецепторов [5]. Механизмом токсического действия левамизола и сока *Allium sativum* является гиперактивация никотиновых рецепторов ацетилхолина [6–8]. Гиперактивация холинорецепторов, в свою очередь, вызывает паралич локомоторных мышц и гибель нематод.

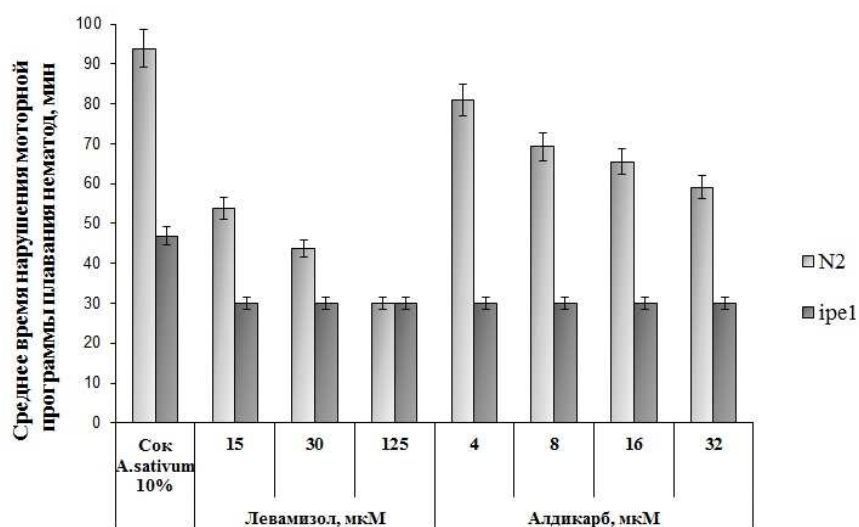


Рис. Действие сока *Allium sativum*, агониста никотиновых рецепторов ацетилхолина левамизола и ингибитора ацетилхолинэстеразы алдикарба на *Caenorhabditis elegans* линии дикого типа N2 и линии IPE1 с низкой теплоустойчивостью поведения

В целом, результаты этой работы свидетельствуют о более высокой, по сравнению с линией дикого типа N2, чувствительности нематод линии IPE1 к веществам, действующим на холинергическую систему беспозвоночных. Это позволяет использовать *C. elegans* линии IPE1 для сравнения биологической активности агонистов и антагонистов рецепторов ацетилхолина и ингибиторов ацетилхолинэстеразы с высокой разрешающей способностью.

#### Библиографический список

1. Brenner S. The genetics of *Caenorhabditis elegans* // *Genetics*. 1974. Vol. 77. P. 71–94. doi: 10.1093/genetics/77.1.71
2. Характеристика новых линий *Caenorhabditis elegans* с высокой и низкой термотолерантностью / М. Х. Гайнутдинов, А. Х. Тимошенко, Т. М. Гайнутдинов, Т. Б. Калининкова // *Генетика*. 2007. Т. 43, № 9. С. 1218–1225.
3. Kalinnikova T. B., Kolsanova R. R., Gainutdinov M. Kh. *Caenorhabditis elegans* as a convenient model organism for understanding heat stress effects upon intact nervous system // In: *Heat Stress: Causes, Treatment and Prevention* / Eds. Stanislas Josipovich and Elias Ludwig. NY : Nova Science Publishers, 2012. P. 113–140.

4. Acetylcholine deficiency in *Caenorhabditis elegans* induced by hyperthermia can be compensated by ACh-esterase inhibition or activation of GAR-3 mAChRs / T. B. Kalinnikova, R. R. Shagidullin, R. R. Kolsanova, E. B. Osipova, S. V. Zakharov, M. Kh. Gainutdinov // *Environment and Natural Resources Research*. 2013. Vol. 3. No. 3. P. 98–113. doi: 10.5539/enrr.v3n3p98
5. Acetylcholinesterase inhibitors: pharmacology and toxicology / M. B. Čolović, D. Z. Krstić, T. D. Lazarević-Pašti, A. M. Bondžić, V. M. Vasić // *Curr. Neuropharmacol*. 2013. Vol. 11. P. 315–335. doi: 10.2174/1570159x11311030006
6. Нейротоксичность *Allium sativum* для нематоды *Caenorhabditis elegans* / Т. Б. Калининкова, А. В. Егорова, Р. Р. Колсанова, М. Х. Гайнутдинов, Р. Р. Шагидуллин // *Ветеринарный врач*. 2019. № 3. С. 12–19.
7. Harrow I. D., Gratton K. A. Mode of action of the anthelmintics morantel, pyrantel and levamisole in the muscle cell membrane of the nematode *Ascaris suum* // *Pesticide Sci*. 1985. Vol. 16. P. 662–672. doi: 10.1002/ps.2780160612
8. Sleight J. N. Functional analysis of nematode nicotinic receptors // *Biosci. Horizons*. 2010. Vol. 3. P. 29–39. doi: 10.1093/biohorizons/hzq005

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПОПУЛЯЦИЙ ТРАВЯНОЙ ЛЯГУШКИ  
(*RANA TEMPORARIA*) И ОСТРОМОРДОЙ ЛЯГУШКИ (*RANA ARVALIS*)  
НА ТЕРРИТОРИИ МАНТУРОВСКОГО УЧАСТКА  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА  
«КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМЕНИ М. Г. СИНИЦЫНА**

*М. С. Клеткина*<sup>1</sup>, *Л. В. Мурадова*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Костромской государственной университет,  
kletkina.marina63@gmail.com*

<sup>2</sup> *Государственный природный заповедник  
«Кологривский лес» имени М. Г. Синицына, mlv44@mail.ru*

В статье представлены результаты исследований оценки состояния популяций земноводных на территории мантуровского участка государственного природного заповедника «Кологривский лес» им. М. Г. Синицына. Определены морфометрические показатели, содержание гемоглобина и глюкозы в крови, лейкоцитарная формула лягушки травяной (*Rana temporaria* L.) и лягушки остромордой (*Rana arvalis*). Стабильность развития популяции оценивалась по показателям флуктуирующей асимметрии билатерально расположенных признаков.

Ключевые слова: государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына, биондикация, земноводные, морфометрические показатели, флуктуирующая асимметрия, гемоглобин, глюкоза, лейкоцитарная формула.

Мониторинг состояния окружающей среды является необходимой мерой, позволяющей оценивать состояние и прогнозировать изменения условий среды в разных экологических системах. В настоящее время разработаны и

широко используются методики оценки состояния среды по видам индикаторам на популяционном и организменном уровнях. Амфибии обитают на границе двух сред, поэтому состояние их организма может характеризовать качество наземных и водных экосистем. Изменения окружающей среды отражаются как на численности и плотности популяции, так и на морфометрических и гематологических показателях земноводных. Целью работы было оценить состояние популяций травяной лягушки и остромордой лягушки на территории ГПЗ «Кологривский лес».

Исследования проводились в первой половине июня 2022 г. на территории мантуровского участка государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына. Всего было отловлено и изучено 81 особь земноводных, относящихся к отряду бесхвостые амфибии, к трем видам: *Rana temporaria*, *Rana arvalis*, *Bufo bufo*. Относительная плотность вида на 1 км маршрута определялась по формуле:  $N_1 = n \times 1000 / L$  (экз. на 1 км), где  $N_1$  – относительная численность,  $n$  – количество учтенных на маршруте особей данного вида,  $L$  – длина пройденного маршрута в метрах [1]. Для изучения морфометрических признаков использовали методику В. Г. Ищенко, 1970 [2], вскрытие амфибий проводилось по методике Н. Н. Карташева, 1957 [3]. Для оценки стабильности развития популяции определяли среднюю частоту асимметричного проявления признака (ЧАПП) по формуле:  $ЧАПП = \Sigma A / N \times M$ , где  $A$  – число асимметричных признаков у отдельных особей;  $N$  – число особей в выборке;  $M$  – число анализируемых признаков [4]. Для изготовления мазка крови использовали общепринятую методику М. В. Меньшикова [5]. Содержание глюкозы в крови земноводных определяли глюкометром. Для определения содержания гемоглобина в крови земноводных использовали гемометр ГС-3 по методу Г. Сали [6].

Государственный природный заповедник «Кологривский лес» создан в 2006 г. с целью сохранения уникальных экосистем коренных темнохвойных лесов в Костромской области, не подвергавшихся ландшафтными изменениями. Заповедник включает в себя два участка: кологривский и мантуровский. Маршрут, на котором проходил сбор и количественный учет амфибий, расположен на мантуровском участке заповедника и характеризуется разнообразной растительностью.

При проведении исследований были обнаружены три вида земноводных, среди которых наиболее распространенным была лягушка травяная – 64%, лягушка остромордая – 33%, жаба серая – 3% выборки. Плотность лягушек была невысокая, у травяной – 26 ос./га, у остромордой – 13,5 ос./га. В различных типах биотопов плотность лягушек неравномерна и колеблется в зависимости от влажности среды.

Изменения среды отражаются на состоянии живых организмов и могут увеличивать или уменьшать размеры тела особей или её отдельных органов. В результате наших исследований установлено, что длина тела лягушки травяной и лягушки остромордой меньше средневидовых показателей и составила 44,8 мм и 54,4 мм соответственно. Средняя масса тела лягушки травяной и

лягушки остромордой составила 21,6 г и 22,9 г соответственно. Коэффициент вариации менее 35%, что указывает на относительную однородность популяций по размерно-весовым показателям особей.

При оценке стабильности развития амфибий по показателям флуктуирующей асимметрии билатерально расположенных признаков, характеризующих ненаправленную изменчивость развития в пределах нормы реакции особи установлено, что среднее значение частоты асимметричных проявлений у *Rana temporaria* составило 0,34, *Rana arvalis* – 0,32. По пятибалльной шкале оценки стабильности развития популяции ЧАПП соответствует 1 баллу, следовательно, развитие земноводных находится в условной норме в благоприятных условиях заповедника [7].

Одной из важнейших характеристик популяции является соотношение самок и самцов, которое теоретически должно быть близким к 1:1, поскольку именно при равной доле индивидов обоих полов формируется более высокий репродуктивный потенциал, максимально обеспечивается в период размножения встреча особей противоположного пола. В половой структуре выборки обоих видов преобладали самцы, половое соотношение в популяции лягушки травяной составило 1:4, в популяции лягушки остромордой 1:1,5, что можно считать невыгодным для популяции, так как при этом снижается репродуктивный потенциал, а уменьшения количества самок может вызвать снижение численности популяции [2].

В выборке травяной лягушки преобладали неполовозрелые особи – 69,2%, относящиеся к первой возрастной группе, с длиной тела менее 50 мм. В целом популяция представлена всеми возрастными группами, с доминированием более молодых особей, что является для популяции благоприятным. В популяции лягушки остромордой преобладали особи третьей возрастной группы – 51,9%, с длиной тела 61–70 мм и неполовозрелые особи – 44,4%.

Глюкоза как биохимический показатель периферической крови наряду с общими гематологическими показателями реагирует на стрессовые воздействия факторов окружающей среды и может служить индикаторам физиологического состояния животных и показателем стабильности развития популяций. Нормальная концентрация глюкозы в крови у животных составляет 2,8–8,3 ммоль/л [5] (табл. 1).

Таблица 1

**Уровень глюкозы у особей травяной и остромордой лягушки**

Вид	$X \pm Sx$ , ммоль/л	Min, ммоль/л	Max, ммоль/л	$Cv$ , %
<i>Rana temporaria</i>	2,85±0,21	1,5	5,5	28,4
<i>Rana arvalis</i>	2,83±0,21	1,7	4,6	36,8

В ходе исследования установлено, что уровень глюкозы в крови лягушки травяной составляет в среднем 2,85 ммоль/л, лягушки остромордой – 2,83 ммоль/л. У отдельных особей уровень глюкозы был ниже нормы – 1,5–1,7 ммоль/л. Глюкоза играет важную роль в энергетическом обмене животных, обеспечивает метаболические реакции организма, представляя собой ко-

нечный продукт гидролиза. Низкий уровень глюкозы у отдельных особей свидетельствует о снижении метаболизма.

У самок обоих видов уровень глюкозы был выше, чем у самцов – на 3,77% (*Rana temporaria*) и на 3,1% (*Rana arvalis*). Высокая концентрация глюкозы в крови самок обусловлена перестройкой метаболизма в период размножения, большинство самок были с икрой. При сравнении уровня глюкозы в крови у особей с разной массой тела установлено, что у обоих видов с увеличением массы увеличивается содержание глюкозы в крови.

Гемоглобин в крови амфибий выполняет функцию «депо», где кислород резервируется на случай, когда поступление его по другим каналам сокращается. Высокое содержание гемоглобина способно обеспечить более высокую интенсивность обмена, с одной стороны, и более широкие возможности для выживания в неблагоприятных условиях — с другой стороны (табл. 2).

Таблица 2

**Уровень гемоглобина у особей травяной и остромордой лягушки**

Вид	$X \pm Sx$ , г/л	Min, г/л	Max, г/л	$Cv$ , %
<i>Rana temporaria</i>	30,87±2,7	20,0	60,0	33,9
<i>Rana arvalis</i>	28,6±2,87	20,0	50,0	39,1

Уровень гемоглобина в крови травяной и остромордой лягушки был низким и в среднем по выборке составил 28,6 г/л и 30,87 г/л соответственно. В сосудистой крови лягушек встречаются достаточно крупные по размерам эритроциты, имеющие ядро, но бедные гемоглобином, что свидетельствует о низкой эффективности дыхательной функции крови амфибий.

Количество гемоглобина в крови у самцов травяной лягушки на 33% выше, чем у самок, у самцов остромордой лягушки на 12% выше, чем у самок. Это связано с более высокой подвижностью самцов [9]. Исследуя зависимость содержания гемоглобина в крови амфибий от возраста и массы тела установили, что с повышением массы тела особей увеличивается концентрация гемоглобина, но разница статистически недостоверна.

Исследование лейкоцитарной формулы важно для диагностики состояния организма амфибий, так как позволяет выявить изменения, происходящие в крови животных. К качеству среды наиболее чувствительны нейтрофильные клетки гранулоцитарного ряда и перераспределение в соотношении агранулоцитов (моноцитов и лимфоцитов), характерно для паразитарных инвазий (табл. 3).

Таблица 3

**Лейкоцитарная формула крови лягушки травяной и лягушки остромордой**

Показатели лейкограммы	Условная норма [10]	Травяная лягушка	Остромордая лягушка
1	2	3	4
Юные нейтрофилы	–	2,8±0,44	2,5±0,31
Палочкоядерные нейтрофилы	–	3,7±0,56	3,7±0,48
Сегментоядерные нейтрофилы	–	7,2±1,10	6,3±0,63

1	2	3	4
Сумма нейтрофилов	17,1±1,47	13,7±2,1	12,6±1,42
Эозинофилы	7,2 ± 0,89	6,5±0,72	6,2±0,58
Базофилы	3,3±0,16	2,7±0,21	2,2±0,22
Моноциты	1,1±0,19	5,6±0,68	5,1±0,65
Лимфоциты	70,9±1,33	69,4±1,99	69,3±3,11

В лейкоцитарной формуле *Rana temporaria* и *Rana arvalis* преобладали лимфоциты, количество которых было на уровне 69,4% и 69,3% соответственно. Кровь у большинства амфибий имеет лимфоидный характер, так как в ней преобладают незернистые лейкоциты. В лейкограмме установлено превышение условной нормы содержания моноцитов у травяной лягушки на 4,5% и у остромордой – 4,0%, основное предназначение которых захват и обезвреживание чужеродных элементов в кровяном русле и поддержание иммунной защиты. Суммарное количество нейтрофилов в крови амфибий было относительно невысоким – у травяной лягушки – 13,7%, у остромордой – 12,6%, в соотношении нейтрофильных гранулоцитов преобладали более зрелые формы. Нейтрофилы, выполняя функцию неспецифической иммунной защиты системы крови, обеспечивают определенный уровень активации иммунной системы амфибий.

Полученные результаты позволяют оценить состояние популяций *Rana temporaria* и *Rana arvalis* на территории мантуровского участка заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына как относительно стабильное, а условия обитания – благоприятные.

#### Библиографический список

1. Щербак Н. Н. Количественный учёт // Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся. Киев, 1989. С. 120–125.
2. Ищенко В. Г. Динамический полиморфизм бурых лягушек фауны СССР. М. : Наука, 1978. 148 с.
3. Карташев Н. Н., Соколов В. Е., Шилов И. А. Практикум по зоологии позвоночных : учебно-методическое пособие для студентов вузов / 3-е изд., испр. и доп. М. : Аспект Пресс, 2004. 383 с.
4. Захаров В. М., Трофимов И. Е. Экологическое нормирование (оценка состояния природных популяций по стабильности развития) // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2011 С. 102–120.
5. Полозюк О. Н., Ушакова Т. М. Гематология : учебное пособие. Персиановский : Донской ГАУ, 2019. 159 с.
6. Гуминский А. А., Леонтьева Н. Н., Маринова К. В. Руководство к лабораторным занятиям по общей и возрастной физиологии : учебное пособие для студентов биол. спец. пед. ин-тов. М. : Просвещение, 1990. 239 с.
7. Пястолова О. А., Трубецкая Е. А. Использование бесхвостых амфибий в биоиндикации природной среды // Биоиндикация наземных экосистем. Свердловск : УрО АН СССР, 1990. С. 18–30.
8. Иванов А. А. Физиология рыб. М. : Мир, 2003. 284 с.



9. Земноводные и пресмыкающиеся: Энциклопедия природы России / Н. Б. Ананьева, Н. Л. Орлов, Л. Я. Боркин, И. С. Даревский. М. : Изд-во «АВФ», 1998. 576 с.

10. Романова Е. Б. Гематологические аспекты механизмов адаптации природных популяций зеленых лягушек в условиях антропогенного средового стресса // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии : сб. науч. трудов. Тольятти, 2005. Вып. 8. С. 169–176.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ПОЛЕВОЙ МЫШИ (*APODEMUS AGRARIUS* (PALLAS, 1771)) НА ТЕРРИТОРИИ КОСТРОМСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА**

*А. С. Климова<sup>1</sup>, М. В. Сиротина<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Костромской государственный университет,  
Klimova.A.S.ecology@yandex.ru, mvsirotna@gmail.com*

<sup>2</sup> *Государственный природный заповедник «Кологривский лес»  
имени М. Г. Сеницына*

В статье рассмотрены особенности интерьерных, экстерьерных и краниологических признаков популяции полевой мыши, обитающей на территории Костромского лесничества Костромской области. Данные признаки выступают в качестве интегральных показателей при оценке состояния популяции в рамках мониторинга природных и антропогенно трансформированных экосистем. В ходе исследования отмечается относительно высокая стабильность развития исследуемой популяции на рассматриваемой территории.

Ключевые слова: мышевидные грызуны, полевая мышь, экстерьерные признаки, интерьерные признаки, краниологические признаки, Костромское лесничество.

Интегральные показатели особей популяции мышевидных грызунов являются индикаторами оценки состояния природных экосистем. Изменения абиотической и биотической среды отражаются на динамике численности, морфометрических, морфологических и краниологических признаках популяции, которые в свою очередь данными адаптационными изменениями обеспечивают стабильное состояние популяции в постоянно меняющихся условиях окружающей среды. Исследования данных интегральных показателей популяции видов-биоиндикаторов имеют первостепенное значение для оценки степени оптимальности среды обитания, а также в раскрытии многих общебиологических закономерностей.

Сложность и неоднородность протекания популяционных процессов, характер их взаимодействия с постоянно меняющимися условиями внешней среды осложняют выявление закономерностей данных изменений, что предполагает дальнейшее детальное и углубленное изучение данного вопроса.

Одним из субдоминантных видов среди мышевидных грызунов на территории бореально-неморальных и бореальных ельников подзоны южной

тайги в условиях антропогенных ландшафтов и агроценозов является полевая мышь (*Apodemus agrarius* (Pallas, 1771) [1].

Цель настоящего исследования – изучить экологические особенности популяции вида *Apodemus agrarius* на территории Костромского лесничества Костромской области.

В работе использован материал, полученный при мониторинговых исследованиях популяционной организации мышевидных грызунов на территории Костромского лесничества ОПХ «Минское» (кварталы 1, 2 и 4 общей площадью 3035,9 га) в летний период 2021–2022 гг. Участок представлен смешанным лесом, смежный со сельскохозяйственными полями, приусадебными участками и автомобильной трассой Кострома – Красное-на-Волге.

Для отлова грызунов были использованы давилки и живоловки, принцип расположения которых был основан на методе ловушко-линий [2]. Всего обработано 2475 ловушко-суток и отловлено 143 особи.

При исследовании состояния популяции использован широкий спектр методик: морфометрический метод, метод морфофизиологических индикаторов, методы краниометрии и краниоскопии, метод оценки экологического состояния популяции по показателям флуктуирующей асимметрии билатерально расположенных краниологических признаков [3]. Возраст и онтогенетические этапы развития грызунов определены по торцевой альвеолярной поверхности и индексу зуба с учетом генеративного состояния и сезона рождения [4]. Обработка материала проведена с использованием статистических методов с применением пакета программ Microsoft Office Excel и Statistica 10 [5].

При исследовании видового разнообразия на территории Костромского лесничества установлено наличие следующих видов грызунов – *Myodes glareolus* Schreber (72,7% от населения мышевидных грызунов на данном участке), *Apodemus uralensis* Pallas (11,2%) и *Apodemus agrarius* Pallas (16,1%).

Плотность популяции *Apodemus agrarius* в 2021 г. составила 1,60 экземпляров на 100 ловушко-суток. В 2022 г. наблюдается незначительный спад численности, плотность составила 1,34 экземпляров на 100 ловушко-суток. Данное явление связано с естественными популяционными волнами.

При исследовании половой структуры популяции наблюдается относительно равное соотношение самцов и самок в 2021 году (рис.). В 2022 году доля самцов в популяции выше доли самок на 33%, что не является критичным для репродуктивного потенциала. Данный механизм направлен на интенсивное наращивание численности популяции.

В период 2021–2022 гг. в популяции *Apodemus agrarius* отмечено преобладание незрелых сеголеток и зимовавших особей, в среднем, в возрасте 1–1,5 месяцев. В 2021 году их доля составила 58,33% от всей выборки, в 2022 году – 75% от всей выборки. Данный результат соответствует ранее установленной тенденции для мышевидных грызунов: когда доля особей I типа онтогенеза увеличивается относительно значений предыдущего года исследований, наблюдается спад численности популяции, и наоборот [6].

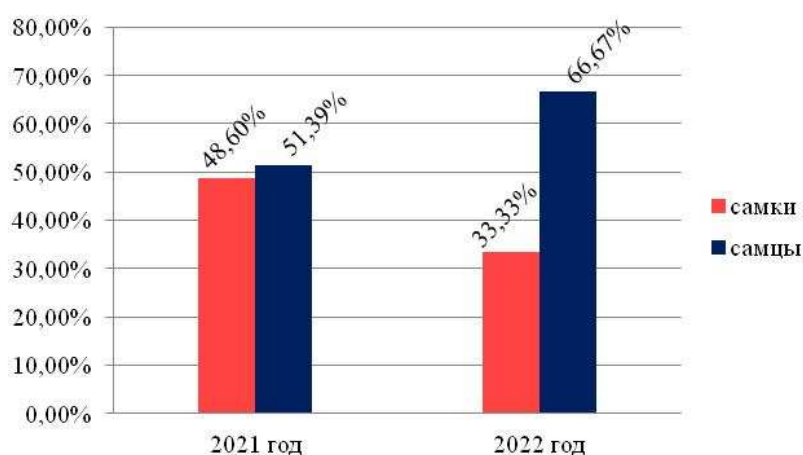


Рис. Половая структура популяции *Apodemus agrarius* на территории Костромского лесничества в летний период 2021–2022 гг.

Средние показатели основных экстерьерных признаков *Apodemus agrarius*, обитающих на территории Костромского лесничества, представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Показатели экстерьерных признаков *Apodemus agrarius* на территории Костромского лесничества ОПХ «Минское» в 2021–2022 гг.**

Название показателя	2021 год		2022 год		$t_{2021/2022}^*$
	$X \pm S_x$	$C_v$	$X \pm S_x$	$C_v$	
Масса тела, г	18,72±1,66	17,63	21,09±1,95	15,96	0,93
Длина головы и туловища (L), мм	81,98±2,96	7,68	86,99±2,94	5,85	1,20
Длина хвоста (С), мм	76,72±3,03	9,09	78,72±1,39	3,24	0,60
Длина задней ступни (Р), мм	16,91±0,88	15,52	18,35±0,39	3,97	1,50
Высота уха (А), мм	10,88±0,37	10,74	11,65±0,33	4,82	1,55

Примечание: \*статистическая значимость различий между показателями исследуемой популяции в 2021 и 2022 годах.

За два года исследований по экстерьерным показателям статистически достоверных различий не установлено (табл. 1). Значения находятся в пределах референтных значений для данного вида [7]. Незначительное увеличение (статистически недостоверное) значений рассматриваемых показателей в 2022 г., в частности, обусловлено снижением численности популяции и увеличением доли самцов.

Для характеристики состояния популяции и определения степени напряженности связей организма грызунов с окружающей средой проведен анализ морфофизиологической характеристики популяции (табл. 2).

Таблица 2

**Значения морфофизиологических индексов *Apodemus agrarius*  
на территории Костромского лесничества ОПХ «Минское»  
в 2021–2022 гг. (‰)**

Показатели	2021 год		2022 год		$t_{2021/2022}^*$
	$X \pm S_x$	$C_v$	$X \pm S_x$	$C_v$	
Индекс сердца	7,35±0,48	12,54	10,10±0,83	14,16	2,87
Индекс почек	7,74±0,38	9,73	8,49±0,81	12,38	0,84
Индекс легких	6,23±0,45	14,76	6,24±0,50	13,84	0,01
Индекс селезенки	4,37±0,44	6,13	4,53±0,24	9,20	0,32
Индекс печени	58,88±3,99	9,83	76,40±3,94	9,10	3,12

*Примечание:* \*различия достоверны между показателями исследуемой популяции в 2021 и 2022 годах,  $p < 0,01$  (выделено жирным курсивом).

Установлены статистически достоверные различия по средним значениям индексов сердца и печени (табл. 2). У особей исследуемой популяции в 2022 г. «индекс сердца» в 1,37 раза выше по сравнению с 2021 г. ( $p < 0,01$ ), аналогично «индекс печени» – в 1,30 раза ( $p < 0,01$ ). Это соответствует тенденции, при которой относительно наименьшие значения индексов сердца, легких, почек наблюдаются в период благоприятных климатических условий и увеличения плотности популяции [8]. Причиной относительно высоких значений индекса печени в 2022 г. является большая доступность к кормовым ресурсам из-за относительно низкой численности популяции по сравнению с 2021 г.

Изучение краниометрических характеристик также является неотъемлемой, информативной частью популяционных исследований, позволяющих получить данные о состоянии конкретной популяции (табл. 3).

Таблица 3

**Значения краниологических признаков *Apodemus agrarius* на территории  
Костромского лесничества ОПХ «Минское» в 2021–2022 гг. (мм)**

Параметры	2021 год		2022 год		$t_{2021/2022}^*$
	$X \pm S_x$	$C_v$	$X \pm S_x$	$C_v$	
1	2	3	4	5	6
Наибольшая длина черепа	23,80±0,44	4,02	25,18±0,41	2,82	2,30
Кондилобазальная длина черепа	21,02±0,62	6,96	23,27±0,25	2,81	3,37
Длина лицевой части черепа	11,48±0,42	7,23	12,37±0,15	2,04	2,00
Длина мозговой части черепа	9,15±0,32	8,87	10,18±0,13	2,08	2,98
Межглазничная ширина	4,44±0,15	7,83	4,65±0,12	4,38	1,09
Длина верхней диастемы	6,76±0,21	6,27	7,20±0,28	6,71	1,26
Длина верхнего зубного ряда	3,23±0,12	8,43	3,78±0,17	7,24	2,64
Скуловая ширина	11,14±0,38	8,02	12,12±0,33	4,76	1,95
Затылочная ширина	8,61±0,40	11,60	8,70±0,10	2,90	0,22
Ширина между надглазничными вырезками	5,37±0,18	7,36	5,32±0,08	2,38	0,25
Длина лба	16,47±0,65	9,21	8,64±0,44	8,84	9,98
Сочленовная длина нижней челюсти	14,58±0,35	6,23	12,04±0,16	2,30	6,60

1	2	3	4	5	6
Длина нижней диастемы	3,12±0,19	8,65	2,87±0,18	6,79	0,96
Максимальная высота нижней челюсти	5,93±0,18	7,37	6,45±0,18	4,85	2,04
Длина нижнего зубного ряда	3,21±0,11	7,93	3,69±0,14	6,11	2,70
Ширина барабанной камеры	4,24±0,12	6,56	4,60±0,29	5,45	1,15
Длина барабанной камеры	3,02±0,11	6,74	3,25±0,10	5,33	1,55

Примечание: \*различия достоверны между показателями исследуемой популяции в 2021 и 2022 гг.,  $p < 0,01$  (выделено жирным курсивом).

В ходе исследования линейных промеров черепа *Apodemus agrarius* на территории Костромского лесничества в период 2021–2022 гг. установлено, что практически по всем промерам грызуны, отловленные в 2022 г., превосходят особей, отловленных в 2021 г., причём по большинству показателей разница является статистически достоверной (табл. 3).

Так, установлены достоверные различия по «наибольшей и кондилобазальной длине черепа», «максимальной высоте нижней челюсти» – данные показатели в 2022 г. в 1,1 раза выше аналогичных показателей в 2021 году ( $p < 0,01$ ), «длине верхнего и нижнего зубного ряда» – в 1,2 раза ( $p < 0,01$ ). Значения «длины лба» и «сочленовной длины нижней челюсти» в 2022 г., наоборот, ниже в 1,9 раза и 1,2 раза соответственно по сравнению с 2021 г. ( $p < 0,01$ ).

Анализ показателей флуктуирующей асимметрии билатерально расположенных краниологических признаков у особей *Apodemus agrarius* на территории Костромского лесничества ОПХ «Минское» показал, что средняя частота асимметричного проявления признака соответствует 1 баллу по пятибалльной шкале стабильности развития (величина асимметрии равна 0,30 в 2021 г. и 0,25 в 2022 г.).

Таким образом, проведены комплексные исследования состояния популяции *Apodemus agrarius* на территории Костромского лесничества ОПХ «Минское». В качестве интегральных показателей состояния популяции в постоянно меняющихся условиях окружающей среды рассмотрены интерьерные, экстерьерные и краниологические признаки. Средние значения данных показателей находятся в пределах референтных значений для исследуемого вида. В период исследований установлены незначительные изменения данных признаков, обусловленные изменениями биотической и абиотической среды, в которой обитает *Apodemus agrarius*. Отмечается относительно высокая стабильность развития исследуемой популяции на рассматриваемой территории.

#### Библиографический список

1. Полевая мышь (*Apodemus agrarius*) Омского Прииртышья в 1974–2013 гг.: особенности распределения и динамика численности / Г. Н. Сидоров, С. С. Нурмагонбетова, А. В. Вахрушев, Д. Г. Сидорова, А. В. Путин, И. В. Дериглазов // Омский научный вестник. 2014. № 1 (128). С. 115–119.

2. Шефтель Б. И. Методы учета численности мелких млекопитающих // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2018. Т. 3. № 3. С. 1–21. doi : 10.21685/2500-0578-2018-3-4
3. Тимошкина О. А. Методы полевых исследований мелких млекопитающих : методические указания. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2012. 20 с.
4. Оленев Г. В. Определение возраста цикломорфных грызунов, функционально-онтогенетическая детерминированность, экологические аспекты // Экология. 2009. № 2. С. 102–115.
5. Усманов Р. Р. Статистическая обработка данных агрономических исследований в программе «Statistica» : учебно-методическое пособие. М. : РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2020. 177 с.
6. Климова А. С., Сиротина М. В. Сравнительная характеристика популяционной организации *Myodes glareolus* Schreber и *Apodemus uralensis* Pallas на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11, № 3. С. 69–78. doi: 10.55355/snvt2022113108.
7. Громов И. М., Ербаева М. А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. СПб. : ЗИН, 1995. 520 с.
8. Ивантер Э. В. Опыт экологического анализа морфофизиологических особенностей мелких млекопитающих. Сообщение II. Сезонно-возрастная динамика и характер индивидуальной изменчивости интерьерных показателей // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2018. № 8 (117). С. 7–16. doi: 10.15393/uchz.art.2018.243

## **СОСТАВ И ВСТРЕЧАЕМОСТЬ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ОТРЯДА ДВУКРЫЛЫЕ (DIPTERA) В ЗООБЕНТОСЕ ВОДОЕМОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Т. И. Кочурова*

*Государственный природный заповедник «Нургуш»,  
kochurovati@mail.ru*

Приведены сведения о таксономическом составе личинок двукрылых (Diptera) и их встречаемости в зообентосе поверхностных водных объектов Кировской области (бассейн р. Вятка). На основании собственных сборов (642 пробы) составлен список, включающий 42 таксона видового и надвидового рангов из 18 семейств двукрылых.

Ключевые слова: зообентос, двукрылые, Diptera, таксономический состав, встречаемость, бассейн р. Вятка.

Diptera – один из крупнейших и наиболее прогрессивно развивающихся отрядов насекомых. Развитие личинок многих групп двукрылых протекает в водной среде. Они являются важным звеном в пищевых цепях водоемов. Особенно велико их значение как пищевого ресурса многих рыб и водных и околоводных птиц. Преобладающее большинство личинок двукрылых питаются детритом, органическими взвесями и илом, микроскопическими организмами, одноклеточными водорослями, внося тем самым существенный вклад в самоочищение водоемов. Личинки некоторых двукрылых выдержи-

вают высокую степень органического загрязнения и могут использоваться в качестве биоиндикаторов [1].

Фауна амфибиотических представителей отряда двукрылые на территории Кировской области недостаточно изучена. Специальные публикации, отражающие представленность данной группы насекомых в бентосных сообществах бассейна р. Вятки, отсутствуют. В данной работе приводятся сведения о таксономическом составе и встречаемости личинок двукрылых в поверхностных водных объектах Кировской области.

Материалом для работы послужили 642 пробы макрозообентоса из 38 водотоков, 15 озер, 4 прудов, 2 родников и 5 временных водоемов, собранные автором в 2004–2022 гг. Определение организмов в зависимости от их таксономической принадлежности выполняли до уровня семейства (*Simuliidae*, *Ceratopogonidae*, *Sciomyzidae*), рода или вида с использованием определителей [1, 2]. Сведения о видовом составе хирономид (сем. *Chironomidae*) в данной статье не приводятся.

В результате изучения таксономического состава (таблица) в исследуемых водоемах установлено обитание личинок двукрылых, относящихся к 42 таксонам видового и надвидового рангов из 18 семейств. Представители сем. *Chaoboridae* обитают в толще воды; присутствие их в бентосных пробах является случайным.

Таблица

**Таксономический состав и встречаемость личинок двукрылых в водоемах бассейна р. Вятки**

Таксон	Места встречи	Встречаемость, %
1	2	3
сем. <i>Chironomidae</i> – Звонцы	водоемы всех типов	95,8%
п/сем. <i>Chironominae</i>	водоемы всех типов	
п/сем. <i>Orthoclaadiinae</i>	водоемы всех типов	
п/сем. <i>Tanypodinae</i>	водоемы всех типов	
п/сем. <i>Diamesinae</i>	ручьи и родники	
п/сем. <i>Prodiamesinae</i>	реки и ручьи	
сем. <i>Simuliidae</i> – Мошки	реки и ручьи	17,6%
сем. <i>Ceratopogonidae</i> – Мокрецы	реки, озера, пруды, временные водоемы	40,7%
сем. <i>Tipulidae</i> – Комары-долгоножки		7,3%
<i>Prionocera turcica</i> (F., 1787)	временный водоем (окр. б. пос. Тулашор)	
<i>Tipula</i> Linnaeus, 1758	средние и малые реки, временный водоем	
сем. <i>Limoniidae</i> – Болотницы		15,1%
<i>Antocha vitripennis</i> (Meigen, 1830)	малые реки	
<i>Dicranota bimaculata</i> (Schummel, 1829)	реки и ручьи	
<i>Hexatoma bicolor</i> (Meigen, 1818)	малые реки и ручьи	
<i>Pilaria</i> Sintenis, 1889	р. Осиновка (Кильмезский р-н)	

Продолжение таблицы

1	2	3
<i>Paradelphomyia senilis</i> (Haliday, 1833)	р. Тужа (Тужинский р-н), карьер у пос. Мирный (Оричевский р-н)	
<i>Eloeophila</i> Rondani, 1856	малые реки и ручьи	
<i>Phylidorea</i> Bigot, 1854	р. Осиновка (Кильмезский р-н)	
<i>Hoplolabis (Parilisia) vicina</i> (Tonnoir, 1920)	р. Осиновка (Кильмезский р-н)	
<i>Molophilus</i> Curtis, 1833	р. Кучеровка (Котельничский р-н)	
сем. Ptychopteridae – Птихоптериды	р. Суна (Сунский р-н), р. Кучеровка (Котельничский р-н)	0,5%
<i>Ptychoptera</i> Meigen, 1803		
сем. Psychodidae – Бабочницы	малые реки	9%
<i>Psychoda</i> Latreille, 1796	р. Осиновка (Кильмезский р-н)	
<i>Paramormia</i> Enderlein, 1935	р. Дубовка (Нолинский р-н)	
сем. Dixidae – Земноводные комары		10,9%
<i>Dixa nebulosa</i> Meigen, 1830	р. Люга (Вятскополянский р-н)	
<i>Dixa</i> sp.	в реках и ручьях	
<i>Dixella</i> Dyar et Shannon, 1924	озера, участки рек с медленным течением	
сем. Chaoboridae – Хаобориды		3,1%
<i>Mochlonyx</i> Loew, 1844	оз. Кривое, М. Кривое, заповедник «Нургуш»	
<i>Chaoborus</i> Lichtenstein, 1800	озера, пруды; р. Осиновка, Кильмезский р-н	
сем. Culicidae – Кровососущие комары	озера и реки с замедленным течением	7,3%
<i>Aedes</i> Meigen, 1818	р. Осиновка (Кильмезский р-н)	
<i>Culex</i> Linnaeus, 1758	участки рек с замедленным течением	
<i>Culiseta</i> Felt, 1904	р. Осиновка (Кильмезский р-н), временный лесной водоем (окр. бывшего пос. Тулашор)	
<i>Anopheles</i> Meigen, 1818	р. Воя, озера заповедника «Нургуш»	
сем. Stratiomyidae – Львинки		0,9%
<i>Stratiomys longicornis</i> (Scopoli, 1763)	пруд на р. Бол. Холуница (Оричевский р-н)	
<i>Oplodontha viridula</i> (F., 1775)	пруд на р. Бол. Холуница (Оричевский р-н)	
<i>Odontomyia ornata</i> (Meigen, 1822)	озера Нургуш, Кривое (заповедник «Нургуш»)	
сем. Rhagionidae – Бекасницы		0,3%
<i>Chrysopilus auratus</i> (F. 1798)	р. Вятка, р. Федоровка	
сем. Tabanidae – Слепни	водоемы всех типов	12,5%
<i>Heptatoma pellucens</i> (F. 1776)	р. Суна (Сунский р-н)	
<i>Chrysops</i> Meigen, 1803	р. Вятка, малые реки, карьер у пос. Мирный	



1	2	3
<i>Hybomitra</i> Enderlein, 1922. сем. Athericidae	р. Воя, р. Осиновка, лесные озера	2,5%
<i>Atherix ibis</i> (F., 1798) сем. Empididae – Толкунчики	р. Вятка и другие реки, на течении реки в южной части области	3,9%
<i>Chelifera</i> Macguart, 1823 сем. Syrphidae – Журчалки	малые реки в Советском и Нолинском р-нах р. Осиновка (Кильмезский р-н)	0,5%
<i>Eristalinus aeneus</i> (Scopoli, 1763) сем. Sciomyzidae – Тенницы	р. Суна (Сунский р-н) р. Осиновка (Кильмезский р-н)	0,2%
сем. Muscidae – Настоящие мухи		0,9%
<i>Limnophora</i> Robineau-Desvoidy, 1830 <i>Lispe</i> Latreille, 1796	р. Хмелевая (заповедник «Нургуш») р. Пижанка (Пижанский р-н)	

Наибольшую встречаемость имели комары звонцы (сем. Chironomidae), личинки которых служат одним из основных компонентов пресноводных экосистем [1, 3]; они присутствовали в 96% проб. За ними следовали мокрецы (встречаемость 41%), мошки (17,6%), болотницы (15,1%), слепни (12,5%), земноводные комары (10,9%). Наименьшую распространенность имели птихоптериды, журчалки, бекасницы и тенницы (встречаемость 0,5% и менее). Данные по встречаемости представителей таксонов более низкого ранга не приводятся по причине того, что далеко не все организмы идентифицированы до уровня рода или вида. Однако к числу редко встречающихся можно отнести *Prionocera turcica*, *Stratiomys longicornis*, *Oplodontha viridula*, *Odontomyia ornate*, *Chrysopilus auratus*, *Ptychoptera* sp.

Представленные сведения о таксономическом составе личинок двукрылых в поверхностных водных объектах Кировской являются далеко не полными. Данная тема нуждается в продолжении исследований.

#### Библиографический список

1. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С. Я. Цалолихина. СПб. : Наука, 1998. Т. 4. 836 с.
2. Чертопруд М. В., Чертопруд Е. С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской части России. 4-е изд., испр. и доп. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2011. 219 с.
3. Пестов С. В. Двукрылые (Diptera) заповедника «Нургуш» // Труды государственного природного заповедника «Нургуш». Киров : ООО «Полиграфовна», 2020. Т. 6. 184 с.

## ИХТИОФАУНА УЧКЫЗЫЛСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

*А. К. Куватов*

*Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан*

В статье представлены результаты ихтиологических исследований, проведенных в Учкызылском водохранилище. Ихтиологические материалы были собраны в 7 различных точках Учкызылского водохранилища. Виды расположены в таблице в соответствии с их таксономическим статусом.

Ключевые слова: Учкызылское водохранилище, ихтиофауна, виды, статус.

Литература, посвященная биологии рыб в различных водохранилищах Узбекистана, достаточно обширна, однако в ней мало уделяется внимания формированию ихтиофауны водоема, ее современному состоянию. Некоторые сведения о формировании ихтиофауны водохранилищ Узбекистана приводятся в работах М. А. Абдуллаева [1], Г. К. Камилова [2], А. А. Аманова [3, 4].

Согласно, зоогеографическому районированию, [5, 6] бассейн реки Амударьи относится к Средиземноморской подобласти. Среднее течение Амударьи и Сырдарьи, в которых обитает наиболее оригинальная ихтиофауна Средней Азии, Ф. А. Турдаковым [7, 8] выделено в особую Туркестанскую провинцию Средиземноморской подобласти, равноценную Понто-Каспийско-Аральской.

Формирование ихтиофауны Учкызылского водохранилища неразрывно связано с ихтиофауной реки Сурхандарьи [9].

По А. А. Аманову в 1963 г. в бассейне реки Сурхандарьи обитало 25 местных и 3 акклиматизированных видов рыб [9].

По К. Саттарову в 1976 г. в Учкызылском водохранилище встречалось 27 видов рыб [10].

По данным С. С. Мурадходжаева в 1983 г. в Учкызылском водохранилище встречается также 27 видов рыб [11].

Однако, по данным Мирзаева в 1994 г. в Учкызылском водохранилище встречалось только 20 видов рыб [12].

Видовой состав рыб определялся по Л. С. Бергу [5, 6], К. Ф. Кесслеру [13–15], И. М. Мирабдуллаеву и др. [16]. Таксономический список рыб был представлен согласно У. Т. Мирзаеву, А. Қ. Куватову [17].

В результате проведенных ихтиологических наблюдений выявлено, что в настоящее время в Учкызылском водохранилище встречаются 20 видов рыб, из которых 9 местных и 11 акклиматизированных, случайно завезенных (табл.).

## Видовой состав ихтиофауны Учкызылского водохранилища

№	Виды	Местные виды	Чужерод- ные виды	Эндеми- чные виды	Статус охраны	Промысло- вые виды
					КК РУз	
1	2	3	4	5	6	7
Семейство карповые – Cyprinidae						
1	<i>Rutilus aralensis</i> (Berg, 1916)	+	–	+	–	–
2	<i>Rhodeus ocellatus</i> (Kner, 1866)	–	+	–	–	–
3	<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844)	–	+	–	–	+
4	<i>Gobio lepidolaemus</i> (Kessler, 1872)	+	–	+	–	–
5	<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck et Schlegel, 1846)	–	+	–	–	–
6	<i>Luciobarbus conocephalus</i> (Kessler, 1872)	+	–	+	+	–
7	<i>Chalcarburnus chalcoides aralensis</i> (Berg, 1923)	+	–	+	–	+
8	<i>Alburnoides bipunctatus eichwaldi</i> (Filippi, 1863)	+	–	–	–	–
9	<i>Alburnoides teaniatus</i> (Kessler, 1874)	+	–	–	–	–
10	<i>Abramis brama orientalis</i> (Berg, 1949)	–	+	–	–	+
11	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	–	+	–	–	+
12	<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	+	–	–	–	+
13	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844)	–	+	–	–	+
14	<i>Aristichthys nobilis</i> (Richardson, 1844)	–	+	–	–	+
Семейство вьюновые – Cobitidae						
15	<i>Sabanejewia aralensis</i> Kessler, 1877	+	–	+	+	–
Семейство сомовые – Siluridae						
16	<i>Silurus glanis</i> (Linnaeus, 1758)	+	–	–	–	–
Семейство пещилиевые – Poeciliidae						
17	<i>Gambusia holbrooki</i> (Girard, 1859)	–	+	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7
Семейство пецилиевые – Poeciliidae						
18	<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	–	+	–	–	+
Семейство бычковые – Gobiidae						
19	<i>Rhinogobius brunneus</i> (Temminck et Schlegel, 1845)	–	+	–	–	–
Семейство змееголовые – Channidae						
20	<i>Channa argus</i> (Cantor, 1842)	–	+	–	–	–
	Итого:	9	11	5	2	8

В ихтиофауне Учкизилского водохранилища 2 вида рыб (*Luciobarbus conocephalus* и *Sabanejewia aralensis*) включены в Красную Книгу Республики Узбекистан и 5 видов рыб являются эндемиками.

#### Библиографический список

1. Абдуллаев М. А. Биологические основы рационального рыбного хозяйства пустынной зоны Узбекистана (на примере речных бассейнов Бухарской и Кашкадарьинской областей) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ташкент, 1969. 71 с.
2. Камилов Г. К. Рыбы водохранилищ Узбекистана. Ташкент : ФАН, 1973. 220 с.
3. Аманов А. А. Экология рыб водоемов юга Узбекистана и сопредельных республик. Ташкент : Фан, 1985. 160 с.
4. Аманов А. А. Некоторые особенности формирования ихтиофауны водохранилищ реки Амударьи и пути повышения их рыбопродуктивности // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов средней Азии и Казахстана. Ашхабад : Илым, 1986. С. 170–171.
5. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Часть 2. М., 1949. С. 470–925.
6. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Часть 3. М., 1949. С. 930–1381.
7. Турдаков Ф. А. Ихтиофауна среднеазиатских нагорий и вопрос о происхождении ихтиофауны Средней Азии // Зоол. журнал. 1946. Т. XXV. Вып. 6. С. 543–549.
8. Турдаков Ф. А. Рабы Киргизии. Фрунзе : Изд-во Кирг. ФАН СССР, 1952. 218 с.
9. Аманов А. А., Саидов З. Д. К биологии леща в водоемах юга Узбекистана // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов средней Азии и Казахстана. Ташкент : Изд-во «Фан», 1983. 161 с.
10. Саттаров К. Восточный лещ в Учкызылском водохранилище и перспективы его промысла // Биологические основы рыбного хозяйства средней Азии и Казахстана. Душанбе : Изд-во «Дониш», 1976. С. 353–355.
11. Мурадходжаев С. С. Характеристика нерестовой популяции сазана и серебряного карася в Учкызылском водохранилище // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов средней Азии и Казахстана. Ташкент : Изд-во «Фан», 1983. 202 с.
12. Мирзаев У. Т. Морфоэкологические особенности акклиматизированного судака в ирригационных водоемах юга Узбекистана : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ташкент : Институт зоологии АН РУз., 1994. 21 с.
13. Кесслер К. Ф. Известия императорского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии. Т. X. Вып. 1. М., 1872. 168 с.

14. Кесслер К. Ф. Путешествие А. П. Федченко в Туркестане // Рыбы. Изв. Об-ва любит. естествозн. антропологии и этнографии Т. 2. Вып. 3. Москва, Санкт-Петербург, 1874. 63 с.

15. Кесслер К. Ф. Рыбы, водящиеся и встречающиеся в Арало-Каспийско-Понтической ихтиологической области. Москва, Санкт-Петербург, 1877. 360 с.

16. Мирабдуллаев И. М., Мирзаев У. Т., Кузметов А. Р., Кимсанов З. О. Определитель рыб Узбекистана и соседних регионов : методическое пособие. Ташкент : Сано стандарт, 2011. 108 с.

17. Мирзаев У. Т., Куватов А. К. Аннотированный список рыб реки Чирчик // Зоологическая наука Узбекистана: современные проблемы и перспективы развития : материалы республиканской науч.-практ. конф. Ташкент, 2020. С. 184–188.

## **РЕДКИЕ И КРАСНОКНИЖНЫЕ ВИДЫ ПТИЦ ЗАПОВЕДНИКА «ЦЕНТРАЛЬНОСИБИРСКИЙ»**

*С. А. Лимендова, А. В. Мерзлякова, О. В. Масленникова*  
*Вятский государственный агротехнологический университет,*  
*limendova@mail.ru ,olgamaslen@yandex.ru*

В статье рассмотрены встречи с краснокнижными, уязвимыми и редкими видами птиц Центральносибирского заповедника в полевые сезоны с 2018 по 2022 гг.

Ключевые слова: орнитофауна, Центральносибирский заповедник, редкие уязвимые виды, Красная книга, Красноярский край

Орнитофауна заповедника «Центральносибирский» изучена достаточно хорошо, сейчас на его территории зарегистрировано 267 видов птиц, принадлежащих к 19 отрядам и 48 семействам [1]. Однако, после последнего сообщения старшим научным сотрудником Ю. П. Шапаревым о редких птицах этого района прошло более 20 с лишним лет [2]. В этой статье представлены данные о видах, встречающихся крайне редко, а также о краснокнижных видах, встреченных в летние периоды с 2018 по 2022 гг. на территории заповедника. Материал основан как на личных наблюдениях авторов, так и на литературных сведениях.

Использовались методики наземных учётов и обследования с борта судна для водоплавающих птиц [3] и маршрутного учёта без ограничения полосы обнаружения с расчётом плотности населения по средним дальностям обнаружения птиц [4, 5], а также методика Г. К. Кандаловой, В. Г. Панченко и др. [6] по учёту выводков водоплавающих птиц. Для проведения стационарных учётов птиц с орнитологической вышки была использована видоизменённая методика учёта хищных птиц [7].

За данный период было зарегистрировано 8 видов, входящих в Красную Книгу Красноярского края [8]:

Лебедь-кликун – *Cygnus cygnus*. С 2019 по 2022 гг. неоднократно отмечался над р. Подкаменная Тунгуска, а также в 2019 г. был не раз замечен в первой половине лета в окрестностях Комсинского острова и кордона «Ком-

са» [9]. 1 июля 2021 г. был зарегистрирован нами на р. Столбовая. Для данной местности является обычным гнездящимся видом, занесен в Красную книгу Красноярского края, имеет статус – группировки с различной степенью уязвимости и изученности.

Большая выпь – *Botaurus stellaris*. Была зарегистрирована в конце июня 2019 г. [9] и 26 июля 2021 г. в зарослях прибрежной растительности на кордоне «Лебедь» в пойме р. Енисей. Регистрация птицы происходила исключительно по ее характерной вокализации, это связано со скрытым образом жизни этого вида. Занесена в Красную книгу Красноярского края с неопределенным статусом – легко уязвимый вид.

Орлан-белохвост – *Haliaeetus albicilla*. Регистрировали во все года исследования, как на р. Енисей, так и на р. Подкаменная Тунгуска [9, 10]. В 2018 г. 3 особи зарегистрированы на р. Столбовая [11]. Со слов инспекторского состава, в устье р. Инзыревка (кордон «Лебедь») на сухом дереве имеется гнездо данного хищника, что говорит о его гнездовании на территории заповедника [12]. 11 августа 2019 г. над Подкаменной Тунгуской отмечена пара орланов-белохвостов с птенцом [10]. Вид неоднократно регистрировался нами в 2021 и 2022 гг. в тех же местообитаниях. Занесен в Красную книгу Красноярского края, имеет статус – редкий широко распространенный вид.

Сапсан – *Falco peregrinus*. Учитывался нами за весь исследуемый период (кроме 2021 года) на берегах рр. Подкаменная Тунгуска и Столбовая. В 2018 г. А. Симоновым и М. В. Матанцевой, отмечены жилые гнезда сапсанов [12]. Имеет статус – редкий вид с неопределенным для края статусом. По регистрации гнезд можно говорить о гнездовании данного вида на территории заповедника. Вид занесен в Красную книгу РФ.

Кобчик – *Falco vespertinus*. Зарегистрирован в 2019 г., неоднократно наблюдали над кордоном «Столбовая» и акваторией р. Подкаменная Тунгуска [10]. Имеет статус – редкий вид с сокращающейся численностью. Занесен в Приложение Красной книги РФ.

Филин – *Bubo bubo*. Был зарегистрирован в 2019 г. в вечернее время в конце августа в окрестностях кордона «Столбовая» [10]. Имеет статус – редкий уязвимый вид. Занесен в Красную книгу РФ.

Скопа – *Pandion haliaetus*. Вид отмечали на р. Подкаменная Тунгуска и р. Столбовая. По последним учетам в 2018 г. численность ее сокращается [11]. С 2019 г. нами не регистрировалась.

Хохлатый осоед – *Pernis ptilorhynchus*. За время исследований отмечено 2 встречи: 15 июля 2019 г. – летел через р. Енисей в западном направлении [9] и 18 августа 2022 г. зарегистрирован в акватории р. Подкаменная Тунгуска. До этого времени была зафиксирована единичная встреча в бассейне р. Столбовая 29 июля 1999 г. Хохлатый осоед – вид с неопределенным статусом, внесен в Приложение к Красной книге РФ.

К редким и уязвимым на территории заповедника относятся 4 вида.

Чернозобая гагара – *Gavia arctica* зарегистрирована на р. Енисей 13 и 15 июля 2019 г. от 1 до 3 особей [9] и на р. Подкаменная Тунгуска в начале июля 2021 г. – 3 особи.

Коростель – *Crex crex*. Был зарегистрирован в 2019 г. в акватории р. Енисей на кордоне «Лебедь» [9]. Там же коростель обнаружен нами в 2021 г. в конце июля в количестве 3 особей. В 2022 г. в начале июля зарегистрирован вблизи кордонов «Комса» (2 особи). В заповеднике имел статус очень редкого вида, встречающегося не каждый год. В 2012 г. был внесен в Красную книгу Красноярского края (2-е издание), в 3-ем издании его вывели из Красной книги.

Дербник – *Falco columbarius* и пёстрый дрозд – *Zoothera dauma* были зарегистрированы лишь в 2019 г. в окрестностях кордона «Столбовая» [10].

Пять видов птиц на территории заповедника встречаются крайне редко:

Северная бормолушка – *Hippolais coligata*. Были отмечены несколько особей на левом берегу Енисея в окрестностях кордона «Комса» в 2019 г. [9]. Там же нами в начале июля 2022 г. зарегистрирована одна особь. Впервые северная бормолушка была обнаружена в этих же местообитаниях в 1960-х годах прошлого века и больше ее не регистрировали. Регистрация северной бормолушки с 2019 г. подтверждает ее обитание на заповедной территории.

Луговой чекан – *Saxicola rubetra*. Был зарегистрирован нами выводок птиц в начале июля 2022 г. в окрестностях кордона «Комса». В заповеднике очень редкий, нерегулярно гнездящийся вид.

Обыкновенный сверчок – *Locustella naevia*. Отмечена особь на заливных лугах р. Подкаменная Тунгуска в августе 2022 г. В заповеднике регистрировался лишь однажды.

Перепел – *Coturnix coturnix*. Его голос был отмечен в окрестностях кордона «Комса» в конце июня 2022 года. До этого вид долго не регистрировался на территории заповедника, является редким не ежегодно гнездящимся видом.

Синьга – *Melanitta nigra*. В заповеднике данный вид фиксировали лишь дважды на пролете в конце мая прошлого века и в начале нынешнего тысячелетия. Нами синьга зарегистрирована в середине июля 2021 г. на р. Подкаменная Тунгуска. Причем, обнаружена была не одна птица, а целая стайка в количестве 12 особей. Трижды мы наблюдали их. Возможно, они остались на территории заповедника из-за поздней и холодной весны и лета 2021 г. Синьга является немногочисленным мигрантом в весенние и осенние пролёты.

Таким образом, на территории заповедника зарегистрировано 8 видов, входящих в Красную Книгу Красноярского края: лебедь-кликун, большая выпь, орлан-белохвост, сапсан, кобчик, филин, скопа, хохлатый осоед. Четыре вида редких и уязвимых: чернозобая гагара, коростель, дербник и пестрый дрозд; пять видов встречаются крайне редко: синьга, перепел, обыкновенный сверчок, луговой чекан и северная бормолушка.

*Выражаем благодарность за помощь в определении редких видов птиц канд. биол. наук А. В. Козловой и В. А. Бабиной.*

#### **Библиографический список**

1. Бурский О. В., Батова О. Н. Птицы Центральносибирского заповедника // Труды государственного природного биосферного заповедника «Центральносибирский». Красноярск : ООО «Поликор», 2012. Вып. 2 (4). С. 39–45.
2. Шапарев Ю. П. Редкие птицы Приенисейской Средней тайги Красноярского края // Летопись природы государственного заповедника «Центральносибирский». Т. 12 1999. С. 81–86.
3. Delany S. Guidance on waterbird monitoring methodology: Field Protocol for waterbird counting. Wetlands International, 2010. 25 p.
4. Равкин Ю. С. К методике учёта птиц в лесных ландшафтах // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66–75.
5. Равкин Ю. С., Доброхотов Б. П. К методике учёта птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время // Организация и методы учёта птиц и вредных грызунов. М., 1963. С. 130–136.
6. Кандалова Г. К., Панченко В. Г., Приклонский С. Г. Методические указания по учету водоплавающих птиц. М. : Колос, 1971. 16 с.
7. Осмоловская В. И., Формозов А. Н. Методы учёта численности и географического распределения дневных и ночных хищных птиц // Методы учёта численности и географического распределения наземных позвоночных. М. : Изд-во АН СССР, 1952. С. 68–96.
8. Красная книга Красноярского края. Красноярск, 2012. 3-е издание. 575 с.
9. Бабина В. А., Масленникова О. В. Орнитофауна пойменных угодий среднего течения р. Енисей // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Книга 2. Киров : ВятГУ, 2020. С. 189–193.
10. Бабина В. А., Масленникова О. В. Результаты летних учетов орнитофауны устья р. Столбовая и нижнего течения Подкаменной Тунгуски // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2020. С. 247–251.
11. Махнёва И. С., Кочкарёв П. В., Масленникова О. В. Учёты рыбоядных птиц в бассейне реки Столбовая Центральносибирского заповедника // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2019. С. 330–333.
12. Лимендова С. А., Масленникова О. В. Орнитофауна заповедника «Центральносибирский» // Биологические науки и биоразнообразие : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2023. С. 121–124.



## ХАРАКТЕРИСТИКА ПИТАНИЯ ЛЕЩА НИЖНЕКАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПЕРИОД ОСЕННЕГО НАГУЛА

*К. В. Майданов, А. В. Мельникова*  
Татарский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТатарстанНИРО»),  
*maydanovk@mail.ru, d.bugensis@mail.ru*

По данным исследований на Центральном плесе Нижнекамского водохранилища в осенний период 2021 г. пищевой спектр леща состоял преимущественно из донных беспозвоночных, по индексу избирательной способности, наибольшее предпочтение он отдавал *Hypania invalida* и *Chelicorophium sowinskyi*. Только у крупных особей *Abramis brama* были выявлены в составе пищевого комка бокоплав и звездчатая пуголка.

Ключевые слова: лещ, питание, индекс потребления, индекс избирательной способности, зообентос, Нижнекамское водохранилище.

Лещ – *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) является основным промысловым видом среди представителей ихтиофауны Нижнекамского водохранилища и занимает доминирующее положение в уловах по численности и биомассе. За последние несколько лет наибольшие уловы отмечены в центральной части водоема вблизи населенных пунктов Красный Бор и Зуевы ключи [1–3]. Этот участок представлен озеровидным расширением с краевыми плесами, образованными крупными притоками рек Ик, Мензеля и Иж, которое делится на 2 зоны: мелководная территория, где сформированы нерестовые и нагульные биотопы, и глубоководная часть, характеризующаяся большими глубинами [1, 4].

Лещ – типичный бентофаг, спектр питания которого составляют донные беспозвоночные (личинки хирономид, моллюски, черви, ракообразные и др.) [5, 6]. Данные по трофологии *A. brama* на исследуемом участке практически отсутствуют. Единственные имеющиеся сведения о питании датируются серединой 1980-х гг. (после образования Нижнекамского водохранилища), где было показано, что у леща с длиной тела > 36 см основу рациона составляли дрейссены, а особи с меньшими размерами отдавали предпочтение зоопланктонным организмам и хирономидам [7]. Следовательно, является актуальным изучение современного рациона питания *A. brama* Центрального плеса водохранилища.

Цель работы – изучить спектр питания леща в центральной части Нижнекамского водохранилища в осенний нагульный период.

В ходе исследований был использован материал, собранный осенью 2021 г. с помощью двухпластного донного трала (длина 9 м, высота 3 м, ячея в кутке 40 мм) с последующей фиксацией 10% раствором формалина. Камеральная обработка проводилась согласно общепринятым методическим реко-

мендациям [8]. Для изучения питания было исследовано 36 пищеварительных трактов, из которых 27 содержали пищу. Для оценки интенсивности питания был использован фактический вес пищевого комка, определены значения индексов потребления (рассчитанный по группам) и избирательной способности рыб. При расчете исключались рыбы с пустыми кишечниками.

Пробы донных беспозвоночных были отобраны 14.10. 2021 г. на разрезе у н. п. Красный Бор (правобережье, левобережье и русло). Для сбора материала использовали дночерпатель Петерсена (площадь захвата 0,025 м<sup>2</sup>). Отобранный материал промывали через сито (размер ячеек 0,27–0,33 мм). Фиксация проб осуществлялась 96%-м этиловым спиртом по общепринятым стандартным методам в гидробиологии [9, 10]. Камеральную обработку проб выполняли в лабораторных условиях по общепринятым в гидробиологии методам [9, 11, 12].

Фауна донных беспозвоночных в осенний период 2021 г. в районе н. п. Красный Бор включала 22 таксона (из них рангом до вида 20), относящихся к группам: Polychaeta (1), Oligochaeta, Hirudinea, Mollusca, Crustacea и Insecta. Ракообразные на данном участке Нижнекамского водохранилища были представлены комовыми рачками и бокоплавами, насекомые – только двукрылыми. По таксономическому разнообразию наиболее богато были представлены Mollusca и Diptera (7 и 6 таксонов соответственно). Удельное видовое разнообразие составило 8±1 таксон на пробу. Наибольшей частотой встречаемости характеризовался корофиум – *Chelicorophium sowinskyi* (Martynov, 1924).

Суммарные количественные показатели зообентоса на данном участке по численности соответствовали значениям равным 3427±375 экз./м<sup>2</sup> и по биомассе – 200,44±100,15 г/м<sup>2</sup>. Основной вклад по плотности вносили ракообразные, за счет амфипод (1627±884 экз./м<sup>2</sup>), и моллюски (1373±445 экз./м<sup>2</sup>), а по биомассе – моллюски (196,17±101,46 г/м<sup>2</sup>). Комплекс доминирующих видов донной фауны, согласно индексу доминирования [13], по численности включал *C. sowinskyi* (6,51), а по биомассе – *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) (2,02).

Мягкий бентос (без учета моллюсков) составил лишь 4,27±2,14 г/м<sup>2</sup>, где доминировали представители группы Amphipoda (рис.).

По результатам учетных съемок осени 2021 г. лещ был представлен особями с размерами тела 19–35 см (25,74±0,77 см), массой от 141 до 970 г (389,3±38,28 г) в возрасте 5–17 лет.

В ходе изучения состава пищевых комков *A. brama* были обнаружены фрагменты (с разной степенью переваренности) бентосных организмов (Oligochaeta, Polychaeta, Crustacea и Diptera), рыба семейства Gobiidae и грунт с остатками детрита.

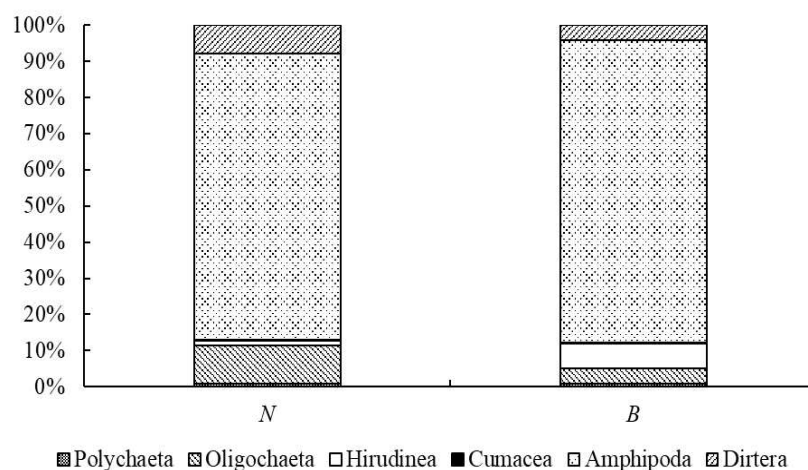


Рис. Вклад основных групп в общие количественные показатели мягкого бентоса Центрального плеса Нижнекамского водохранилища осенью 2021 г.

Зообентос в пищевом комке леща был представлен 4 группами (табл.).

Таблица

**Основные показатели, характеризующие питание леща, и биомасса мягкого зообентоса в центральной части Нижнекамского водохранилища в период осеннего нагула 2021 г.**

Таксоны	Доля в биомассе мягкого зообентоса, %	Частота встречаемости в пищевом комке, %	Индекс потребления, $\text{‰}$	Индекс избирательной способности, %
Polychaeta	0,9	40,74	$2,87 \pm 0,88$	1,59
Oligochaeta	4,3	11,11	$0,13 \pm 0,11$	0,04
<i>C. sowinskyi</i>	18,4	100,00		1,14
<i>Dikerogammarus villosus</i> (Sowinsky, 1894)	–	7,41		
<i>D. haemobaphes</i> (Eichw., 1841)	–	7,41		
Amphipoda	83,8	100,00	$5,55 \pm 1,19$	1,16
<i>Procladius choreus</i> (Meigen, 1804)	0,3	22,22		0,01
<i>P. ferrugineus</i> Kieffer, 1918	–	7,41		
<i>Cricotopus bicinctus</i> (Meigen, 1818)	–	25,93		
<i>Demicryptochironomus vulneratus</i> (Zetterstedt, 1838)	1,1	25,93		0,02
<i>Dicrotendipes</i> sp.	–	3,70		
Diptera	4,22	25,93	$0,03 \pm 0,01$	0,34

Примечание: «–» – нет данных.

Таким образом, согласно полученным данным по частоте встречаемости в пищевом комке среди мягкого зообентоса доминировали ракообразные – *C. sowinskyi*, потребление которых обусловлено их высокой численно-

стью в донной фауне (42,4%), а также доступностью для питания в местах массового откорма. В роли второстепенной пищи выступали многощетинковые черви, представленные на данном участке водохранилища только *Hypania invalida* (Grube, 1860).

Наибольший показатель индекса потребления наблюдались у Crustacea, а минимальный был отмечен для двукрылых насекомых. Согласно индексу избирательной способности, лещ предпочитал в качестве пищевого объекта *H. invalida* и *C. sowinskyi*.

Только у особей *A. brama* с размером тела > 30 см (3 экз.) в пищевом комке были обнаружены крупные бокоплавывы *D. villosus* и *D. haemobaphes*, а у самки, длина которой была 35 см, – и звездчатая пуголовка *Benthophilus stellatus* (Sauvage, 1874) (3,5 см и 0,54 г).

### Библиографический список

1. Бартош Н. А. Состояние рыбных ресурсов в Нижнекамском и Куйбышевском водохранилищах в начале XXI столетия. Казань : Отечество, 2006. 181 с.
2. Кузнецов В. А., Григорьев В. Н., Аверьянов Д. Ф. Характеристика ихтиофауны Нижнекамского водохранилища // Эколого-биологические проблемы вод и биоресурсов: пути решения. Ульяновск, 2007. С. 55–60.
3. Тележникова Т. А., Северов Ю. А. Оценка состояния популяции леща (*Abramis brama*) Нижнекамского водохранилища по результатам учетных съемок в 2015 г. // Природа Симбирского Поволжья : XIII межрегиональная науч.-практ. конф. «Естественнонаучные исследования в Симбирском-Ульяновском крае». Ульяновск : Изд-во «Корпорация технологий продвижения», 2017. С.133–137.
4. Двинских С. А., Березина О. А. К вопросу районирования Нижне-Камского водохранилища // Географический вестник. 2010. № 4. Вып. 15. С. 31–38.
5. Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. / под ред. Ю. С. Решетникова. М. : Наука, 2003. Т.1. 379 с.
6. Кузнецов В. А. Рыбы Волжско-Камского края. Казань, 2005. 208 с.
7. Щукина А. А. Питание основных промысловых рыб Нижнекамского водохранилища // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. 1985. Вып. 240. С. 146–149.
8. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / под ред. Е. В. Боруцкого. М. : Наука, 1974. 254 с.
9. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / под ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовской. М. : Наука, 1975. 240 с.
10. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. Л. : Гидрометеиздат, 1984. 40 с.
11. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л. : Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
12. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб. : Гидрометеиздат, 1992. 180 с.
13. Паньков Н. Н. Структурные и функциональные характеристики зообентоценозов р. Сылвы (бассейн Камы). Пермь : Изд-во Перм. гос. ун-та, 2004. 161 с.

## БИОХИМИЧЕСКИЙ ОТКЛИК ЛИСТЬЕВ БОЯРЫШНИКА НА ПОВРЕЖДЕНИЕ ФИТОФАГАМИ И ФИТОПАТОГЕНАМИ

С. Ю. Огородникова<sup>1</sup>, С. В. Пестов<sup>1,2</sup>, Н. С. Харина<sup>2</sup>, А. С. Шутова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения  
Российской академии наук, svetao\_05@mail.ru

<sup>2</sup> Вятский государственный университет, atylotus@mail.ru

В статье приводятся данные о степени биоповреждения листьев боярышника кроваво-красного вредителями и болезнями на территории города Кирова. Представлены сведения о содержании фотосинтетических пигментов, антоцианов и продуктов перекисного окисления липидов в листьях с биоповреждениями. Показано, что интенсивность биохимических изменений зависит от степени повреждения листьев и особенностей действия фитофагов/фитопатогенов на растительные клетки.

Ключевые слова: боярышник кроваво-красный, галловые клещи, мучнистая роса, пятнистости, хлорофиллы, каротиноиды, антоцианы, перекисное окисление липидов.

Боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea*) – кустарник или небольшое дерево, вид рода Боярышник (*Crataegus*) семейства Розовые (*Rosaceae*), широко используется для озеленения северных городов. Растение обладает высокой декоративностью, хорошо переносит обрезку и характеризуется высокой устойчивостью к поллютантам.

Древесные растения подвергаются действию неблагоприятных факторов разной природы. Среди биотических стрессоров, вызывающих нарушения жизнедеятельности растений, можно выделить беспозвоночных фитофагов и патогенные организмы, которые вызывают инфекционные болезни деревьев и кустарников.

Растения реагируют на повреждение фитофагами и инфицирование патогенами широким спектром защитных реакций. Ранее, были изучены биохимические реакции листьев древесных растений на поражение галловыми клещами [1] и фитопатогенными организмами [2].

Целью работы было изучить биохимический отклик листьев боярышника кроваво-красного на поражение фитофагами и фитопатогенами в условиях городской среды.

Исследования проводили на территории города Кирова (подзона южной тайги). Оценивали степень биоповреждения листьев боярышника по методике, которая ранее была апробирована на других видах [1, 3]. Листья отбирали с растений, находящихся в одинаковых экологических условиях (уровень освещенности, увлажнения и т. д.). Изучали растения в генеративном возрастном состоянии с четко выраженными видовыми признаками. Листья отбирали из нижней части кроны дерева с разных ее сторон. Идентифицировали

виды фитопатогенных организмов и оценивали долю повреждённых листьев в процентах разными группами вредителей и болезней [4]. Контроль – листья без повреждений.

Листья для определения содержания пластидных пигментов отбирали в первой половине дня. Пробы листьев фиксировали кипящим 100%-ным ацетоном. Содержание хлорофиллов а и b и каротиноидов в ацетоновой вытяжке определяли при длинах волн 662, 644 и 470 нм соответственно [5, 6].

Интенсивность окислительных процессов в клетках оценивали по накоплению одного из продуктов перекисного окисления липидов – малонового диальдегида (МДА). Уровень МДА определяли спектрофотометрически по образованию окрашенного комплекса с тиобарбитуровой кислотой [7].

Антоцианы экстрагировали из листьев 1 % соляной кислотой. Содержание антоцианов в экстракте определяли фотометрически [8]. Фотометрические измерения выполнены на спектрофотометре ПЭ-5300 ВИ (Экротхим, Россия).

Листья боярышника кроваво-красного в городе Кирове повреждаются преимущественно четырьмя группами фитопатогенных организмов: галлообразователями, листогрызущими насекомыми, мучнисторосянными грибами и пятнистостями.

Галлы на листьях боярышника образуют галловый клещик *Phyllocoptes goniothorax* и тля *Macrosiphum crataegi*. В листьях поврежденных галловыми клещиками отмечали снижение уровня фотосинтетических пигментов, по сравнению со здоровыми листьями. В пораженных листьях в равной степени (на 30–35%) была снижена концентрация хлорофиллов и каротиноидов (рис. 1). В листьях с галлами выявлено повышенное содержание МДА, на 20% больше, чем в листьях без повреждений (рис. 2). Рост накопления МДА свидетельствует о том, что повреждение листьев насекомыми-фитофагами индуцирует активацию окислительных процессов в растительных клетках.

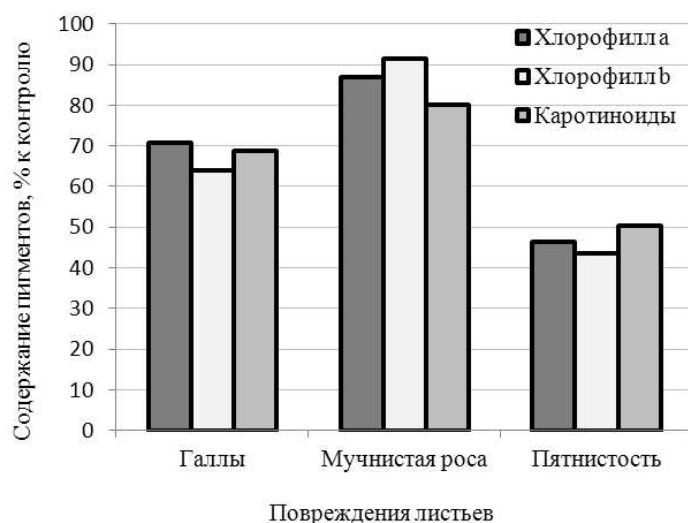


Рис. 1. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях боярышника, поврежденных фитофагами и фитопатогенами

В городских насаждениях часто встречаются инфекционные болезни листьев деревьев и кустарников. Древесные растения в большей мере поражаются грибами, бактериальные и вирусные инфекции встречаются очень редко.

В период исследования на листьях боярышника были обнаружены два типа повреждений, вызванных представителями различных видов фитопатогенных грибов: мучнистая роса и пятнистости.

Инфекционную болезнь растений – мучнистую росу вызывают микроскопические эктопаразитические мучнисторосые грибы (порядок эризифовые) класс подсумчатых [9]. Все они – узкоспециализированные облигатные паразиты, которые образуют на поражённых органах (листьях, побегах) поверхностный мицелий. Интенсивность поражения растений боярышника мучнистой росой на исследованной территории в среднем составляет 30%.

На территории парка имени Ю. А. Гагарина листья боярышника были на 70% покрыты белым мучнистым налётом, который, вероятно, представляет собой мицелий и споры одного из возбудителей мучнистой росы *Microsphaera paczewiskii* [10]. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях боярышника, инфицированных грибами, было снижено по сравнению с листьями без повреждений (рис. 1). Уровень хлорофиллов и каротиноидов в поражённых листьях был меньше на 10 и 20% соответственно, по сравнению со здоровыми листьями.

Интенсивность окислительных процессов в фототрофных клетках снижалась при заселении листьев боярышника мучнистой росой. Уровень МДА в инфицированных листьях был ниже на 30% по сравнению с неповрежденными листьями (рис. 2). Концентрация антоцианов в поражённых мучнистой росой листьях боярышника была значительно (в 4 раза) ниже, по сравнению со здоровыми листьями (рис. 2).

Пятнистости характеризуются образованием на листьях плоских (некротических) или выпуклых (строматических) пятен различной окраски, формы и размера [9]. Плоские пятна представляют собой отмершие участки тканей, на которых образуются спороношения возбудителей. Степень поражения пятнистостями листьев боярышника на территории города Кирова варьирует от 64 до 98%.

Под влиянием грибной инфекции на листьях боярышника происходит образование бурых пятен, которые занимают 5–10% площади листа. В поражённых грибной инфекцией листьях боярышника уровень фотосинтетических пигментов был ниже на 50 %, по сравнению со здоровыми листьями (рис. 1). В одинаковой степени уменьшалось содержание хлорофиллов и каротиноидов под влиянием патогенов, соотношение пигментов не изменялось. Подобные сильные изменения были ранее нами выявлены в листьях *Malus domestica*, повреждённых пятнистостью [2].

Грибная инфекция индуцировала значительную активацию окислительных процессов в листьях боярышника, уровень МДА в листьях с пятнистостью был в 2 раза выше, по сравнению со здоровыми листьями (рис. 2). Веро-

ятно, существенное снижение уровня пластидных пигментов в листьях с пятнистостью происходит в результате окислительной дегградации молекул пластидных пигментов и ингибирования процессов их биосинтеза.

Инфицирование листьев патогенными грибами, которые приводят к появлению пятнистости вызывало незначительный (на 15 %) рост концентрации веществ с антиоксидантной активностью – антоцианов (рис. 2).

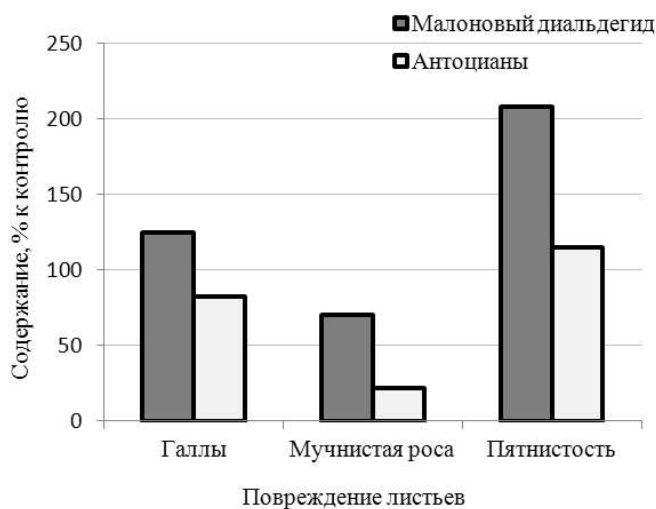


Рис. 2. Влияние фитофагов и фитопатогенов на содержание в листьях боярышника малонового диальдегида и антоцианов

В листьях боярышника выявлена сильная положительная корреляция между интенсивностью процессов ПОЛ и содержанием низкомолекулярных антиоксидантов – антоцианов ( $r = 0,96$ ). Патогены, вызывающие образование пятнистостей на листьях, индуцировали накопление антиоксидантов (антоцианов), активацию процессов окисления липидов, что приводило к значительному снижению уровня пластидных пигментов (рис. 1, 2). При поражении листьев галловыми клещиками также отмечали рост интенсивности процессов ПОЛ и уменьшение содержания фотосинтетических пигментов. В листьях инфицированных мучнистой росой, напротив, отмечали низкий уровень МДА, антоцианов и каротиноидов, содержание хлорофиллов было близко к листьям без повреждений.

Таким образом, повреждение листьев боярышника фитофагами и фитопатогенными организмами вызывает биохимические изменения в фототрофных клетках. Различия в интенсивности ответных биохимических реакций, по-видимому, обусловлены разной степенью поражения листьев и особенностями действия фитофагов и фитопатогенов на растительные клетки.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги».*



### Библиографический список

1. Pestov S. V. Ogorodnikova S. Yu. Status of the photosynthetic apparatus of wood plants damaged by gall mites // *Biology bulletin*. 2020. Vol. 47 No. 10 P. 1392–1397. doi: 10.1134/S1062359020100179
2. Влияние фитопатогенов на содержание пластидных пигментов и интенсивность процессов перекисного окисления липидов в листьях древесных растений / С. Ю. Огородникова, С. В. Пестов, В. В. Зиновьев, А. П. Софронов // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 2. С. 84–92. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-084-092
3. Пестов С. В., Тычинкина И. Г., Огородникова С. Ю. Влияние галловых клещей на состояние ассимиляционного аппарата липы сердцевидной // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2018. № 44. С. 188–201. doi: 10.17223/19988591/44/11.
4. Зиновьев В. В., Пестов С. В. Биоповреждения листьев деревьев в зеленых насаждениях г. Кирова // *Принципы экологии*. 2021. № 4. С. 38–48. doi: 10.15393/j1.art.2021.11842.
5. Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes // *Methods in Enzymology*. 1987. Vol. 148. P. 350–382.
6. Маслова Т. Г., Попова И. А., Попова О. Ф. Критическая оценка спектрофотометрического метода количественного определения каротиноидов // *Физиология растений*. 1986. Т. 39, № 6. С. 615 – 619.
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. Муравьева Д. А., Бубенчикова В. Н., Беликов В. В. Спектрофотометрическое определение суммы антоцианов в цветках василька синего // *Фармация*. 1987. № 5. С. 28–29.
9. Соколова Э. С., Галасьева Т. Г. Инфекционные болезни листьев древесных растений. М. : МГУЛ, 2005. 42 с
10. Соколова Э. С., Семенкова И. Г. Лесная фитопатология. М. : Лесная промышленность, 1981. 312 с.

## АСКАРИДОЗ ЧЕЛОВЕКА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*А. Б. Панфилов, К. Р. Быкова, Л. И. Набиуллина*  
*Кировский государственный медицинский университет,*  
*karina.shirokova.03@mail.ru*

В статье рассматривается *Ascaris lumbricoides*, возбудитель аскаридоза. Он является наиболее распространенным паразитическим червем у человека. Аскаридоз может протекать бессимптомно, вызывая только недоедание и задержку роста, или может проявляться болями в животе, тошнотой, рвотой, вздутием живота и диареей.

Ключевые слова: кишечные паразиты, гельминтозы, аскаридоз, аскариды, заболеваемость, возбудитель.

Кишечные паразитарные инфекции являются серьезной проблемой общественного здравоохранения во всем мире, особенно в сельских и городских районах тропических и субтропических стран. В группу повышенного риска входят жители бедных и неблагополучных регионов, которые с большей вероятностью будут иметь неадекватную санитарию окружающей среды, недостаточное водоснабжение, более высокий уровень контактов с резервуарами инфекции, ограниченную грамотность в вопросах здоровья и социально-экономическое неравенство. Из кишечных нематод (круглых червей), паразитирующих в желудочно-кишечном тракте человека, выделяют *Ascaris lumbricoides*, который является самым большим по размерам. Он вызывает аскаридоз, «забытую тропическую болезнь», которая является одной из наиболее распространенных гельминтозных инфекций человека во всем мире. Многие люди с кишечным аскаридозом остаются не диагностированными в течение многих лет до тех пор, пока они не почувствуют симптомы и не обратятся за медицинской помощью, макроскопические взрослые черви не будут переданы с калом или взрослые черви не будут случайно обнаружены во время обычных эндоскопических процедур [1].

Цель исследования состояла в том, чтобы изучить и проанализировать эпидемиологическую ситуацию по заболеваемости аскаридозом населения Кировской области и Российской Федерации за 2011–2021 гг.

Аскарида (*Ascaris lumbricoides*) – крупная раздельнополая нематода. Черви беловато-розового цвета. Самки – 20–40 см, самцы – 15–20 см в длину. Хвостовой конец самца обычно изогнут в виде крючка. Тело веретеновидное, рот окружен тремя губами [2]. Яйца овальной формы, могут быть оплодотворенными и неоплодотворенными. У оплодотворенных яиц наружная белковая оболочка желто-коричневого цвета с неправильно волнистым контуром, толстая и обычно мало прозрачная. Внутри яйца находится округлая зародышевая клетка темного цвета. Неоплодотворенные яйца крупнее, овальной или неправильной формы, вся полость яйца занята желточными клетками. Белковая оболочка выглядит так же, как у оплодотворенных яиц, однако волнистый наружный контур неравномерный, отмечаются отдельные крупные бугорки.

Пути заражения и способы передачи: пищевой, водный (через грязные руки, загрязненную воду и пищу). Инвазионная стадия для человека – яйцо с личинкой [2].

Человек заражается яйцами через загрязненные землей продукты питания, воду из непроверенных источников, бытовые предметы или прямой контакт с больным аскаридозом.

Выделяют 4 этапа жизненного цикла аскариды [3]:

1. Яйцо. Яйца выделяются половозрелыми самками в кишечнике человека, откуда они с калом попадают во внешнюю среду. Здесь они длительно сохраняются в почве или воде. Внутри яйца содержится живая личинка, которая готова заражать следующего хозяина.

2. Молодые личинки. Они образуются из яиц при первичном заражении паразитом, затем проникают через кишечную стенку в кровоток и начинают перемещаться по телу.

3. Взрослые личинки. Они находятся в легких, откуда попадают в мокроту и при кашле забрасываются в ротовую полость. Когда человек непроизвольно заглатывает слизь, взрослые личинки проникают в желудок и кишечник.

4. Половозрелые особи. Самцы и самки аскарид паразитируют в кишечнике, где живут, используя ресурсы хозяина для роста и развития. Гельминты образуют новые яйца, которые выделяются с калом, и все этапы развития аскариды повторяются вновь, но уже в теле другого человека.

Диагностика аскаридоза осуществляется на основании обнаружения яиц в фекалиях при микроскопировании и обнаружения личинок в мокроте.

Единственным эффективным методом лечения аскаридоза считается медикаментозная терапия: противогельминтные препараты; антигистаминные средства; панкреатин или другие ферменты, нормализующие пищеварительную функцию; пробиотические препараты, приводящие в норму микрофлору кишечника.

Профилактика аскаридоза: соблюдение правил личной гигиены; выявление и лечение больных; охрана почвы от фекального загрязнения; запрет на удобрение огородов свежими необезвреженными фекалиями; санитарный контроль за питьевой водой.

Ежегодно в РФ регистрируется от 40 до 60 тысяч больных аскаридозом. В сельских и городских районах уровень заболеваемости различен. На долю городских жителей приходится 68% случаев заражения аскаридами, а сельских – 32% (письмо Роспотребнадзора). Зарегистрировано 18626 случаев аскаридоза, показатель заболеваемости – 12,68 на 100 тыс. населения, среди детей в возрасте до 17 лет зарегистрировано 13277 случаев, показатель заболеваемости – 37,75. Среди заболевших, доля детей от 0 до 6 лет составила 43–45%, что свидетельствует об интенсивности эпидемического процесса и высоком риске заражения.

С 2011–2021 гг. на территории Кировской области показатель заболеваемости аскаридозом снизился в 2,1 раза – с 79,74 на 100 тыс. населения до 37,55 на 100 тыс. населения. В 2018 г. заболеваемость аскаридозом регистрировалась в 26 районах Кировской области и в г. Кирове (рис.).

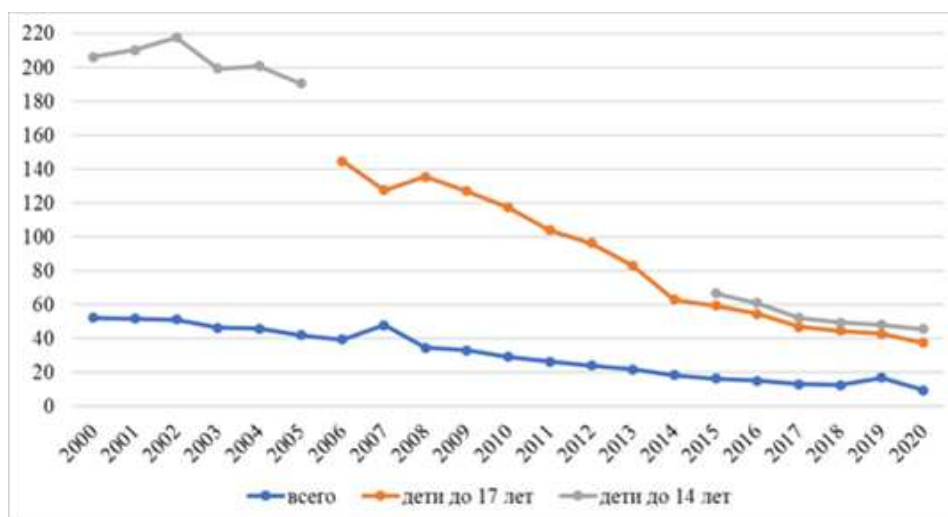


Рис. Показатели заболеваемости аскаридозом в РФ

Подводя итоги вышесказанному, мы считаем, что проблему аскаридоза необходимо решать в более широком спектре, а не только здравоохранении. Существует потребность в улучшении методов ведения сельского хозяйства, пищевых продуктов и личной гигиены, а также в наличии чистой питьевой воды. Также важно устранить культурные стереотипы и улучшить соблюдение режима приема лекарств. Аскаридоз имеет огромную заболеваемость и поражает многие органы в организме. Хотя уровень смертности неизвестен, цифры не мизерные. ВОЗ (Всемирная Организация Здравоохранения) решает проблему, работая с межпрофессиональной группой медицинских работников, чтобы снизить бремя этого паразита.

#### Библиографический список

1. Панфилов А. Б., Шишкина Л. В. Биогельминты человека передающиеся через рыбу и рыбные продукты // Интернаука. Ч. 1. 2022. № 20 (243). С. 55–58.
2. Аскаридоз: причины, лечение, профилактика // Центр гигиены и эпидемиологии в Кировской области. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.sanepid.ru/articles/-detail.php?ELEMENT\\_ID=2837](http://www.sanepid.ru/articles/-detail.php?ELEMENT_ID=2837) (дата обращения: 05.03.2023).
3. Цикл развития человеческой аскариды // Vitauct [Электронный ресурс]. – URL: <https://vitauct.ru/blog/stati-o-zdorovie/razvitie-askaridy-zhiznenny-tsikl-askaridy/#step2> (дата обращения: 05.03.2023).
4. Коледаева Е. В., Сошников В. И., Родина Н. Е. Медицинская паразитология. 2-е издание, дополненное и переработанное. Киров, 2017. 115 с.
5. Здравоохранение в России. 2021 : Стат. Сб. / Росстат. М., 2021. 171 с.
6. Губайдуллина А. Р., Козьмиди Е. Э. Аскаридоз человека на территории ЦР РФ // The scientific heritage. 2021. № 70. С. 24–26.

# МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ МИКРОМАМАЛИЙ КОЛОГРИВСКОГО КЛАСТЕРА ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМЕНИ М. Г. СИНИЦЫНА

С. М. Петрова<sup>1</sup>, М. В. Сиротина<sup>1,2</sup>, А. С. Климова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Костромской государственной университет, *simkoria@gmail.com*

<sup>2</sup> Государственный природный заповедник «Кологривский лес»  
имени М. Г. Сеницына, *mvsiroтина@gmail.com*

Статья посвящена комплексному исследованию: морфометрических и морфофизиологических признаков популяций *Myodes glareolus* (Pallas, 1811) и *Apodemus uralensis* (Schreber, 1780), обитающих на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес имени М. Г. Сеницына». Данные за два года исследований подтверждают стабильность развития популяций на территории заповедника.

Ключевые слова: мышевидные грызуны, лесная мышь, рыжая полевка, морфометрические признаки, морфофизиологические индексы, заповедник «Кологривский лес».

В настоящее время на большинство популяций животных действуют антропогенные факторы. В связи с этим важно исследовать популяции на неизменных территориях для использования данных о механизмах их функционирования в качестве контрольных. Сбор информации о морфометрических и морфофизиологических признаках грызунов позволит дать прогноз развития их популяций, что может являться индикатором состояния экосистем их обитания в целом. Постоянный мониторинг численности мышевидных грызунов и их морфофизиологических изменений в пределах популяции на определенной территории позволяет выявлять процессы, происходящие внутри популяций и регистрировать направления их изменений в природных экосистемах. Целью работы является оценка состояния популяций рыжей полевки (*Myodes glareolus* (Pallas, 1811)) и лесной мыши (*Apodemus uralensis* (Schreber, 1780)) на Кологривском участке территории заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына.

Исследования были проведены в июне 2022 г. на территории Кологривского участка Государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына. Было исследовано 3 биотопа: смешанный лес с преобладанием ели; ельник березовый; ельник липовый, отработано 1494 ловушко-суток, отловлено 230 особей (229 особей мышевидных грызунов и 1 бурозубка). Морфометрические промеры снимались с помощью штангенциркуля по следующим показателям: длина тела; длина хвоста; длина уха; длина ступни задней ноги. Далее производилось вскрытие зверьков с изыма-нием внутренних органов (печень, сердце, легкие, селезенка). Внутренние ор-

ганы взвешивались на электронных весах. Эти данные использовались для оценки состояния популяции методом морфофизиологических показателей С. С. Шварца (1968) [1] с расчетом индексов внутренних органов. Полученные данные были сопоставлены с результатами за 2021 год [2, 3].

Плотность рыжей полевки составила 10,86 экз. на 100 ловушко-суток в 24 квартале и 10,36 экз. на 100 ловушко-суток в 22 квартале заповедника; плотность лесной мыши – 3,26 и 0,98 экз. на 100 ловушко-суток соответственно. Морфометрические показатели рыжей полевки и лесной мыши за 2021–2022 гг. показаны на рисунках 1 и 2.

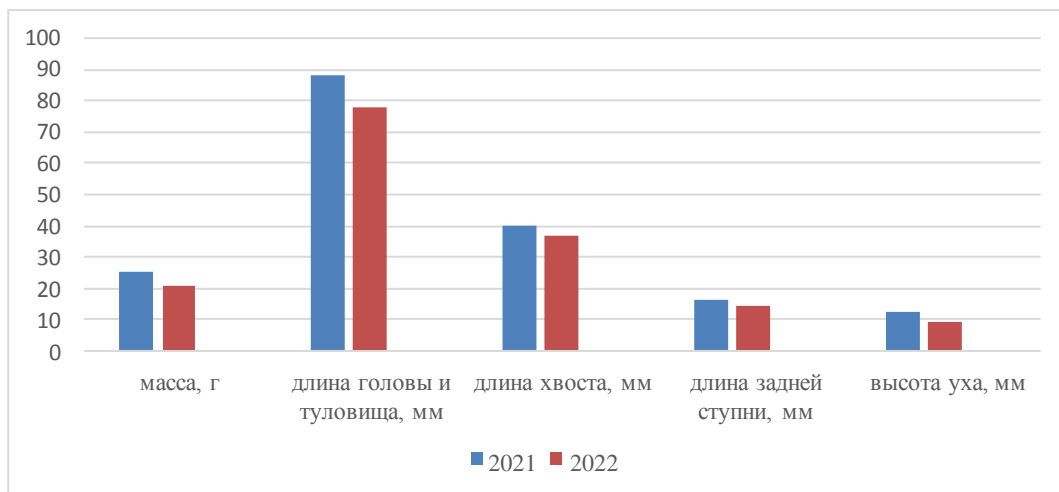


Рис 1. Морфометрические показатели рыжей полевки в 2021 и 2022 гг.

Исходя из данных, представленных на гистограммах (рис. 1 и рис. 2) можно заметить, что средние показатели основных морфометрических признаков популяции рыжей полевки и мыши лесной на территории заповедника в исследуемые годы довольно стабильны, хотя наблюдаются некоторые отличия по всем показателям.

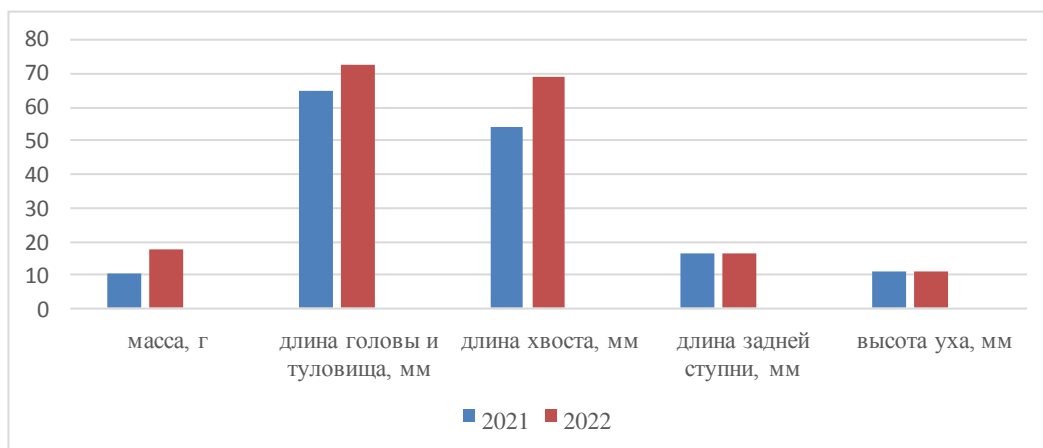


Рис 2. Морфометрические показатели лесной мыши в 2021 и 2022 гг.

В 2022 г. Морфометрические показатели рыжей полевки были более низкими чем в 2021 г., а морфометрические показатели лесной мыши не-

сколькo более высокими по сравнению с 2021 г. Статистически значимые отлИчия наблюдались в популяции рыжей полевки по показателям: «масса» (в 2021 году средняя масса особей составила 25,58 г, в 2022 г. – 20,60 г ( $p < 0,05$ )) и «длина головы и туловища» (в 2022 г. показатель составил 87,99 мм, а в 2021 г. – 78,27 мм ( $p < 0,05$ )). Возможно это связано с тем что в 2022 г. наблюдался рост плотности популяции по сравнению с 2021 г. [2], и по этой причине может наблюдаться уменьшение размеров особей.

Нами проведен сравнительный анализ средней массы органов рыжей полевки и лесной мыши в 2021–2022 гг. (табл. 1)

*Таблица 1*

**Средняя масса органов рыжей полевки и лесной мыши в 2021–2022 гг. (г)**

Показатель	Рыжая полёвка				Лесная мышь			
	2021 [2]		2022		2021[3]		2022	
	X±Sx	Cv,%	X±Sx	Cv,%	X±Sx	Cv,%	X±Sx	Cv,%
Сердце	0,18±0,01	25,58	0,19±0,01	58,74	0,10±0,01	35,71	0,16±0,01	31,53
Печень	1,52±0,06	21,74	1,60±0,08	52,27	0,56±0,06	26,86	1,19±0,09	41,63
Правая поч-ка	0,18±0,01	33,16	0,19±0,01	38,09	0,08±0,01	23,46	0,20±0,03	73,80
Левая почка	0,19±0,01	31,18	0,19±0,01	37,76	0,08±0,01	15,81	0,16±0,01	32,41
Правое лег-кое	0,14±0,01	31,92	0,18±0,01	59,77	0,07±0,03	10,33	0,13±0,01	46,58
Левое легкое	0,13±0,01	42,28	0,12±0,01	80,75	0,06±0,02	10,31	0,08±0,01	54,95
Селезенка	0,12±0,01	42,28	0,16±0,02	73,76	0,08±0,01	30,62	0,07±0,01	69,19

Исходя из данных, представленных в таблице, можно отметить, что средние массы органов в популяции рыжей полевки и лесной мыши на территории заповедника за 2 года довольно стабильны, хотя наблюдаются изменения в показателях печени и селезенки у рыжей полевки (разница является статистически достоверной  $p < 0,05$ ).

Индекс внутренних органов – величина, позволяющая оценить степень соответствия массы организма с его массой внутренних органов. Нами подсчитывался средний индекс каждого органа (табл. 2) рыжей полёвки и лесной мыши в 2021–2022 гг.

При сравнении индексов внутренних органов рыжей полевки и лесной мыши в 2021–2022 гг. (табл. 2) было отмечено, что данные показатели довольно стабильны, хотя наблюдаются изменения у рыжей полевки в показателях: индекс печени и индекс селезенки ( $p < 0,05$ ). Селезенка является кроветворным органом и органом иммунной системы, поэтому увеличение индекса селезенки может быть связано с усилением кроветворения. Одновременно, у некоторых особей рыжей полевки была выявлена гипертрофия селезенки (спленомегалия). Масса органа превышала в 2,7 средние показатели.

**Средние индексы внутренних органов популяции рыжей полевки и лесной мыши в 2021–2022 гг.**

Показатель	Рыжая полевка				Лесная мышь			
	2021[2]		2022		2021[3]		2022	
	X±Sx	Cv,%	X±Sx	Cv,%	X±Sx	Cv,%	X±Sx	Cv,%
Сердце	7,53±0,17	13,22	7,26±0,51	53,30	8,68±0,86	22,16	9,59±0,53	30,87
Печень	69,42±1,54	13,51	57,08±2,92	25,14	62,03±2,92	10,53	68,48±2,18	17,72
Правая почка	8,67±0,22	16,07	7,31±0,36	21,31	7,89±0,90	22,69	11,81±1,80	84,93
Левая почка	8,48±0,19	13,80	7,08±0,36	32,92	8,50±0,59	13,83	9,40±0,25	14,56
Правое легкое	5,75±0,34	17,62	6,99±0,48	52,79	5,61±0,43	10,03	7,74±0,38	27,59
Левое легкое	5,73±0,29	29,93	4,50±0,38	72,54	5,57±0,46	10,28	4,55±0,40	48,62
Селезенка	4,76±0,27	32,63	5,60±0,56	94,31	5,34±0,53	19,68	3,98±0,41	56,65

Наряду с нормальной изменчивостью массы и размеров селезенки, когда индекс органа варьирует в пределах 35–40% [4], у мышевидных грызунов описан феномен патологического увеличения, при котором индекс увеличивается в 100% и более [5]. Данный феномен, часто обозначаемый как «гипертрофия селезенки», было предложено использовать в качестве маркера действия неких повреждающих факторов в природных популяциях [6].

Одним из путей исследования причин спленомегалии у мелких млекопитающих может быть ретроспективный анализ факторов риска – условий, в результате которых вероятность развития патологии увеличивается. Факторами риска могут выступать: условия внешней среды (погодные или климатические экстремумы, промышленное загрязнение); эволюционные и экологические особенности вида; физиологический статус особей (пол, возраст, репродуктивный статус, инфекции и инвазии, первичные патологии) [7].

Таким образом, на основании изучения морфометрических и морфофизиологических признаков популяций микромаммалей на Кологривском участке территории заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына можно сделать вывод о том, что у данных популяций прослеживается стабильность развития на территории заповедника, а некоторое изменение показателей является следствием изменения погодных, кормовых и других условий.

#### Библиографический список

1. Шварц С. С., Смирнов В. С., Добринский Л. А. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск : Уральский рабочий, 1968. 386 с.
2. Климова А. С., Сиротина М. В. Особенности интерьерных признаков *Myodes glareolus* на территории Кологривского заповедника и Костромского лесничества // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XIX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участие. Киров : Вятский государственный университет, 2021. С. 358–362.



3. Климова А. С. Оценка состояния популяций доминирующих видов мышевидных грызунов на территории Кологривского и Костромского районов Костромской области // Ступени роста : сб. тезисов. Кострома : КГУ, 2022. С. 29.
4. Яблоков А. В. Изменчивость млекопитающих. М., 1966. 363 с.
5. Ивантер Э. В., Ивантер Е. В., Туманов И. Л. Адаптивные особенности мелких млекопитающих. Л. : Наука, 1985. 318 с.
6. Оленев Г. В. Пасичник Н.М. Экологический анализ феномена гипертрофии селезенки с учетом типов онтогенеза цикломорфных грызунов // Экология. 2003. № 3. С. 208–219.
7. Давыдова Ю. А., Мухачева С. В., Кшнясев И. А. Спленомегалия у мелких млекопитающих: распространенность и факторы риска // Экология. 2012. № 6. С. 446–456.

## **ХРОНИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ДОЗ ГЛИФОСАТА НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОМЕОСТАЗА ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ**

*О. М. Плотникова, Е. П. Михалева, Д. С. Никитина*  
*Курганский государственный университет, plotnikom@yandex.ru*

Представлены экспериментальные данные изменения показателей плазмы крови лабораторных мышей после выпаивания им в течение двух поколений растворов глифосата в концентрациях  $10^{-4}$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^{-12}$  моль/л. Показано, что глифосат даже в низких концентрациях влияет на гомеостаз животных первого поколения, у второго поколения отмечено снижение активности энзимов.

Ключевые слова: глифосат, лабораторные мыши, ферменты, перекисное окисление липидов.

Глифосат (N-фосфонометилглицин) является самым распространенным и эффективным гербицидом, и на данный момент мнения о вреде или пользе использования пестицида разнятся. Остаточные количества глифосата и продуктов его распада обнаруживаются в кормах и продуктах питания, в питьевой воде. Глифосат внесен в список ВОЗ как «вероятно канцерогенное» вещество, но производство и применение этого гербицида в мире постоянно растет, поэтому проблема использования глифосата является актуальной [1].

Гербицидная активность глифосата связана с ингибированием работы ферментов шикиматного пути с образованием незаменимых аминокислот фенилаланина, тирозина и триптофана. У животных этот механизм не реализуется, так как у них ароматические аминокислоты не синтезируются. Этот факт, а также высокие значения полулетальной дозы (ЛД<sub>50</sub>) для ряда экспериментальных животных (для мелких грызунов ЛД<sub>50</sub> составляет 2–5 г/кг) послужили основанием для первого производителя гербицида Раундап на основе глифосата (фирма «Монсанто», США), а также некоторым исследователям объявить это вещество безвредным для животных и человека.

Одной из актуальных составляющих нашего исследования является низкая изученность влияния малых концентраций глифосата при хроническом поступлении в организм теплокровных животных в течение двух поколений.

Таким образом, целью исследования было изучение изменения в плазме крови лабораторных мышей активности ферментов печени и показателей белкового обмена и перекисного окисления липидов (ПОЛ) при хроническом поступлении глифосата с водой в растворах с концентрациями  $10^{-4}$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^{-12}$  М.

Объектами исследования служили два поколения самцов белых лабораторных мышей в количестве 72 особи. Каждое поколение было разделено на 4 группы. Контрольную группу поили очищенной водой, а три опытных группы – растворами глифосата в исследуемых концентрациях  $10^{-4}$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^{-12}$  М на протяжении 3-х месяцев для каждого поколения. Для исследования брали цельную кровь, из которой получали центрифугированием плазму крови.

В плазме определяли активность ферментов аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ) кинетическим фотометрическим методом и концентрацию альбумина, общего белка (ОБ), глюкозы и маркера ПОЛ малонового диальдегида (МДА) спектрофотометрическим методом анализа.

Результаты экспериментов были обработаны методом вариационной статистики для малых выборок с принятием уровня значимости ( $p$ ) менее 0,05. Достоверность различий между выборками оценивали с использованием критерия Стьюдента для независимых выборок. Для сравнительного анализа данных на основании средних рассчитывали различия в процентах (%) опытных и контрольной групп. Полученные данные приведены в таблице.

Согласно экспериментальным данным под влиянием глифосата активность аминотрансфераз в плазме крови у мышей во втором поколении понижалась на 10–40% после выпаивания мышам растворов глифосата всех исследуемых концентраций (максимально 45 % для АЛТ при  $10^{-7}$  М глифосата), что, возможно, связано с дефицитом кофермента пиридоксальфосфата за счет переэтерификации с глифосатом либо с нарушением процессов синтеза ферментов. У мышей первого поколения отмечено повышение активности аминотрансфераз только для низкой исследуемой концентрации –  $10^{-12}$  М, возможно, за счет компенсационных механизмов организма животных [2].

Значительное повышение уровня общего белка (в среднем на 70 %) при всех исследуемых концентрациях глифосата у животных первого поколения на фоне повышения уровня альбумина лишь на 10–15% может быть связано, скорее всего, с усиленной продукцией иммунных глобулинов.

**Показатели плазмы крови мышей 1 и 2 поколения контрольных групп и групп после выпаивания растворов глифосата  $10^{-4}$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^{-12}$  М**

Показатели плазмы крови	Концентрация растворов глифосата			
	$10^{-4}$ М	$10^{-7}$ М	$10^{-12}$ М	Контроль (0)
1 поколение самцов (среднее $\pm$ стандартное отклонение)				
Общий белок, г/л	86,0 $\pm$ 2,3*	83,5 $\pm$ 2,3*	87,8 $\pm$ 6,3*	50,6 $\pm$ 2,2
Альбумин, г/л	23,0 $\pm$ 2,4*	23,8 $\pm$ 3,0	25,2 $\pm$ 5,3*	21,3 $\pm$ 2,5
Глюкоза, ммоль/л	13,9 $\pm$ 1,2	12,3 $\pm$ 1,1*	13,9 $\pm$ 1,0	14,4 $\pm$ 0,9
МДА, мкмоль/л	5,4 $\pm$ 0,4*	5,1 $\pm$ 0,2*	5,4 $\pm$ 0,2*	4,2 $\pm$ 0,3
АЛТ, Е/л	26,8 $\pm$ 4,7	27,2 $\pm$ 1,9	35,8 $\pm$ 11,1	25,5 $\pm$ 4,3
АСТ, Е/л	117,9 $\pm$ 15,5*	118,2 $\pm$ 16,5*	145,2 $\pm$ 21,0	126,7 $\pm$ 15,1
ЛДГ, Е/л	1764 $\pm$ 484	911 $\pm$ 226*	1953 $\pm$ 413*	1201 $\pm$ 367
2 поколение самцов (среднее $\pm$ стандартное отклонение)				
Общий белок, г/л	52,5 $\pm$ 2,1*	51,5 $\pm$ 3,7*	50,8 $\pm$ 4,0	47,8 $\pm$ 3,3
Альбумин, г/л	33,0 $\pm$ 1,7*	35,1 $\pm$ 1,6	42,6 $\pm$ 4,3*	35,0 $\pm$ 1,1
Глюкоза, ммоль/л	12,9 $\pm$ 0,5	12,7 $\pm$ 1,5	9,1 $\pm$ 0,5*	13,7 $\pm$ 1,3
МДА, мкмоль/л	4,1 $\pm$ 0,3*	3,8 $\pm$ 0,5*	5,6 $\pm$ 0,9	5,2 $\pm$ 0,3
АЛТ, Е/л	31,6 $\pm$ 6,3*	25,0 $\pm$ 2,5*	38,4 $\pm$ 13,2*	45,6 $\pm$ 13,0
АСТ, Е/л	151,9 $\pm$ 17,1*	119,6 $\pm$ 5,8*	146,3 $\pm$ 11,7*	164,6 $\pm$ 3,0
ЛДГ, Е/л	2213 $\pm$ 501	800 $\pm$ 44*	2267 $\pm$ 262*	2362 $\pm$ 212

Примечание: \* – статистически значимые различия по сравнению с контролем при  $p < 0,05$ .

Отмечено разнонаправленное изменение липидной пероксидации: у особей первого поколения активность ПОЛ увеличивалась, что привело к росту уровня МДА на 21–29% при всех исследуемых концентрациях глифосата, у мышей второго поколения уровень МДА достоверно снижился на 21–27% при умеренно высоких концентрациях глифосата ( $10^{-4}$  и  $10^{-7}$  М) и практически не отличался от контроля при очень низкой концентрации глифосата (рис.), что указывает на успешную работу адаптационных систем теплокровных.

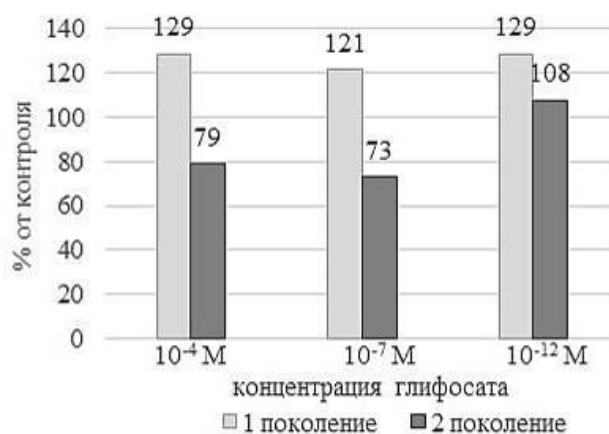


Рис. Содержание МДА в плазме крови двух поколений мышей после выпаивания им растворов глифосата в концентрациях  $10^{-4}$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^{-12}$  М

Таким образом, результаты выполненного исследования показали, что глифосат оказывает умеренное влияние на гомеостаз теплокровных животных, вызывая у животных первого поколения рост активности ферментов, общего белка за счет глобулиновой фракции и продуктов перекисного окисления липидов в виде малонового диальдегида как при высоких, так и при очень низких концентрациях. Для второго поколения отмечен эффект ингибирования для ферментов при снижении уровня продуктов ПОЛ, что указывает на высокую нагрузку на печень животных, однако общая функциональная организация систем гомеостаза во втором поколении способствует сохранению баланса.

Таким образом, можно предполагать, что накопление глифосата в природных средах в низких дозах приведет к дополнительной нагрузке на антиоксидантную и детоксицирующую системы теплокровных организмов.

#### Библиографический список

1. Плотникова О. М., Зернова Е. Е., Двухватская К. П. К вопросу о повсеместном применении гербицида глифосата в борьбе с сорняками // XIII Зырянские чтения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. С. 274–276.
2. Малахова М. Я. Эндогенная интоксикация как отражение компенсаторной перестройки обменных процессов в организме // Эфферентная терапия. 2000. Т. 6. № 4. С. 3–14.

### БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КАРАБИДОФАУНЫ (*INSECTA: CARABIDAE*) ЯЙЛ КРЫМСКИХ ГОР

**В. Б. Пышкин<sup>1,2</sup>, В. Г. Кобечинская<sup>1</sup>, И. Л. Прыгунова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Крымский федеральный университет  
имени В. И. Вернадского, [vpbiscri@mail.ru](mailto:vpbiscri@mail.ru)

<sup>2</sup>Филиал Московского государственного университета в г. Севастополе

Созданная в рамках программы *CrimInsecta* база данных «Carabidae» по таксономии, экологии и хорологии карабид Крыма позволила выделить комплексы насекомых нагорных экосистем полуострова, изучить их таксономическую структуру, видового богатство и разнообразие.

Ключевые слова: Крым, экосистема, насекомые, карабиды, видовое богатство, биологическое разнообразие.

Крымские яйлы (тюр. *Yaylaq* – высокогорное летнее пастбище) – нагорные платообразные вершины Главной гряды Крымских гор. Среди них выделяют три группы. Западная группа яйл объединяет: Байдарскую (500–700 м), Ай-Петринскую (1200–1300 м), Ялтинскую (1300–1400 м), Никитскую (1300–1450) и Бабуган-яйлу (1400–1545 м). Она являются самой высокой частью территории Крымского полуострова. Восточная группа объединяет – Демерджи (1100–1300), Долгоруковскую (700–1000), Тырке (1200–1250) и Караби-яйлы (1200–1250). Между ними расположено нагорье Чатыр-Дага,

отделяющееся широким Кебит-Богазским перевалом от западной и Ангарским перевалом от восточной части. Таким образом, Чатыр-Дагская яйла занимает срединное положение между западным и восточным нагорьями, представляя собой вполне обособленное центральное нагорье.

Сложное геологическое строение яйл их рельефа, климата, почвенного и растительного покрова – послужило основой для образования здесь большой мозаичности биотопов насекомых, среди которых, выделяются представители большого и разнообразного семейства Carabidae Latreille, 1802. Его виды широко распространены в степных и лугово-лесных экосистемах яйл, где играют важную роль в регуляции энергетических и информационных потоков, круговороте вещества поддерживая их гомеостаза. Несмотря на это биоразнообразие карабидофауны яйлинских экосистем Крыма все еще остается слабо изучено.

Работа проводилась в рамках программы *CrimInsecta*. Её основой является информационная система, предназначенная для сбора, хранения и объединения авторских разработок по видовому составу, экологии, хорологии и биоразнообразию насекомых Крыма [1]. Для создания базы данных программы, помимо наших сборов материала по традиционным в энтомологии методикам, использовались материалы фондовой коллекции насекомых Крымский федеральный университет, многих частных коллекций, многочисленных литературных источников [2–5].

Наибольшим видовым и таксономическим богатством обладает карабидофауна экосистем восточных яйл (95 видов из 28 родов). Среди отмеченных здесь трех подсемейств Cicindelinae Latr., 1802, Brachininae Bon., 1810 и Carabinae Latr., 1802 последнее отличается большим разнообразием. Из одиннадцати надтриб подсемейства зарегистрированных на этих яйлах наибольшим таксономическим разнообразием отличается надтриба Harpalitae. Её триба Harpalini Bon., 1810 одна из самых богатых видами (в мировой фауне более 2500 видов). Многие виды трибы – фитофаги, некоторые – сапрофаги, большинство – миксофитофаги. По видовому богатству доминирует род *Harpalus* Latr., 1802 представленный на яйлах 20 видами. Жуки питаются как животной, так и растительной пищей, личинки хищны. В основном это степные ксерофильные и эврибионтные виды, миксофитофаги геохортобионты гарпалоидные: *H. (P.) griseus* (Panz., 1797), *H. (P.) rufipes* (Deg., 1774), *H. (S.) signaticornis* (Duft., 1812), *H. (H.) smaragdinus* (Duft., 1812), *H. (H.) affinis* (Schrank, 1781), *H. (H.) rubripes* (Duft., 1812), *H. (C.) picipennis* (Duft., 1812), *H. (C.) servus* (Duft., 1812), *H. (C.) mitridati* Plig., 1915, *H. (C.) oblitus* Dej., 1829, *H. (C.) tenebrosus* Dej., 1829, *H. (C.) distinguendus* (Duft., 1812), *H. (C.) serripes* (Quens., 1806) или степные и лесостепные мезофиллы: *H. (H.) dimidiatus* (P. Rossi 1790), *H. (C.) flavicornis* Dej., 1829, *H. (C.) hirtipes* (Panz., 1796), *H. (H.) saxicola* Dej., 1829. Остальные роды этой трибы (*Acinopus* Dej., 1821, *Microderes* Fald., 1836, *Ophonus* Dej., 1821, *Dixus* Billb., 1820) представлены одним – двумя видами.

Содоминантом по биоразнообразию в группе восточных яйл является надтриба *Psydridae* Lec., 1853 – 4 трибы, 7 родов и 22 видов, большинство которых многоядные хищники. Обитают на поверхности почвы, в подстилке, скважинах почвы, норах, пещерах, некоторые охотятся на деревьях. Живут во всех яйлинских ландшафтах. По видовому богатству выделяется род *Amara* Bon., 1810 с семью лесными мезофилами со смешанным питанием и степными видами геохортобионтами гарпалоидными: *A. (A.) eurynota* (Panz., 1797), *A. (A.) communis* (Panz., 1797), *A. (A.) curta* Dej., 1828, *A. (A.) familiaris* (Duft., 1812), *A. (A.) littorea* C.Thoms., 1857, *A. (A.) sprete* Dej., 1831 и род *Pterostichus* Bon., 1810 с шестью видами стратобионтами скважниками поверхностно-подстилочными: *P. (P.) anthracinus* (Ill., 1798), *P. (P.) nigrita* (Payk., 1790), *P. (P.) strenuus* (Panz., 1797), *P. (P.) niger* (Schall., 1783), *P. (A.) cursor* (Dej., 1828), *P. (M.) melanarius* (Ill., 1798).

Большим таксономическим разнообразием характеризуется триба *Carabini* Latr., 1802, надтрибы *Carabidae* виды которой относятся к крупным хищникам. Имаго и личинки – зоофаги, охотятся на поверхности почвы. Личинки способны активно зарываться в почву. Роды трибы *Calosoma* Web., 1801 и *Carabus* L., 1758 представлены лесостепными эпигеобионтами ходящими *C. (C.) inquisitor* (L., 1758), *C. (C.) sycophanta* (L., 1758), *C. (C.) granulatus* L., 1758 энд, *C. (T.) campestris ssp. perrini* Dejean 1831, *C. (T.) bosporanus* Fisch., 1823, *C. (T.) bessarabicus* Fisch., 1823, *C. (P.) hungaricus* F., 1792, *C. (M.) gyllenhali* Fischer von Waldheim 1827, *C. (P.) scabrosus tauricus* Donelli., 1810 и др. Почти все виды – активные хищники, многие из них обнаруживают пищевую специализацию, в частности к питанию моллюсками. Основная масса видов обитает как в горнолесных, так и в степях экосистемах яйл. Подавляющее большинство их мезофилы, немногие гигрофилы или могут считаться ксеробионтами.

Большинство из выше указанных видов жуужелиц встречаются и на остальных яйлах Крыма, но есть много видов, которые пока отмечены только на восточных яйлах: *Notiophilus aestuans* Dej., 1826, *Paratachys bistriatus* (Duft., 1812), *Bembidion (M.) lampros* (Hbst., 1784), *B. (P.) tetracolum* Say, 1823, *B. (O.) atlanticum* Woll., 1854, *Pterostichus (Ph) strenuus* (Panz., 1797), *P. (A.) cursor* (Dej., 1828), *Agonum angustatum* Dej. 1828, *Amara (A.) familiaris* (Duft., 1812), *A. (A.) littorea* C.Thoms., 1857, *A. (A.) sprete* Dej., 1831, *Harpalus (S.) signaticornis* (Duft., 1812), *H. (H) xanthopus* Gemm. & Har., 1868, *H. (H.) saxicola* Dej., 1829, *H. (C.) picipennis* (Duft., 1812), *H. (C.) hirtipes* (Panz., 1796), *H. (C.) servus* (Duft., 1812), *H. (C.) mitridati* Plig., 1915, *H. (C.) tenebrosus* Dej., 1829, *H. (C.) distinguendus* (Duft., 1812), *Microderes (M.) brachypus* (Stev., 1809), *Ophonus (M.) rufibarbis* (F., 1792), *Dixus obscurus* (Dej., 1825).

Биоразнообразие карабид центральных яйл нагорных плато Чатыр-Дага уступает восточным яйлам (76 видов, 32 рода). Но здесь, как и на всех яйлах по разнообразию доминирует подсемейство *Carabinae* Latr., 1802 (сумма таксонов 177, видовое богатство 73). Из десяти надтриб подсемейства зарегистрированных в нагорном биогеоценозе Чатыр-Дага наибольшим таксономи-

ческим разнообразием отличается надтриба *Psydridae* Lec., 1853. Большинство её видов многоядные хищники. Обитают на поверхности почвы, в подстилке, скважинах почвы. Надтриба объединяет четыре трибы: *Pterostichini* Bon., 1810, *Sphodrini* Laporte, 1834, *Platynini* Bon., 1810, *Zabrini* Bon., 1810. Последняя, самая крупная и наиболее разнообразная морфоэкологически. На плато она представлено двумя родами. Род *Amara* Bon., 1810 с луговыми мезофилами *A. (Amara) aenea* (Deg., 1774) и *A. (A.) ovata* (F., 1792); эврибионтами *A. (A.) eurynota* (Panz., 1797) и *A. (A.) tibialis* (Paykull, 1798); луговым *A. (A.) communis* (Panz., 1797) и степными ксерофилами *A. (Paracelia) crenata* Dej., 1828, *A. (P.) apricaria* (Payk., 1790), *A. (Curtonotus) aulica* (Panzer 1796).

Содоминантом по биоразнообразию является надтриба *Harpalidae* (сумма таксонов 30, видовое богатство 19), где по видовому богатству доминирует триба *Harpalini* Bon., 1810. Род *Harpalus* Latr., 1802 на яйлах представлен эврибионтами: *H. (Pseudoophonus) rufipes* (Deg., 1774), *H. (P.) calceatus* (Duft., 1812), *H. (Harpalus) smaragdinus* (Duft., 1812), *H. (H.) affinis* (Schrank, 1781); степными ксерофилами *H. (Pseudoophonus) griseus* (Panz., 1797), *H. (H.) zabroides* Dej., 1829, *H. (H.) amplicollis* Men., 1848, *H. (H.) tardus* (Panz., 1797), *H. (H.) caspius* (Stev., 1806); степные мезофилы: *H. (H.) dimidiatus* (P. Rossi 1790), *H. (H.) rubripes* (Duft., 1812), *H. (H.) latus* (L., 1758); лесной мезофил *H. (H.) rubripes* (Duft., 1812). Все они относятся к геохортобионтам гарпалоидным.

Род *Ophonus* Dej., 1821, надтрибы *Harpalidae* в изучаемой экосистеме, представлен миксофитофагами стратохортобионтами, двумя степными ксерофилами: *O. (Hesperophonus) jailensis* (Schaub., 1926) и *O. (H.) sabulicola* (Panz., 1796), степным *O. (Metophonus) cordatus* (Duft., 1812) и лесостепным *O. (M.) rupicola* (Sturm, 1818). Остальные роды надтрибы представлены 1–3 видами: *Stomis (Stomis) pumicatus* (Panz., 1796), *Poecilus (Poecilus) cupreus* (L., 1758), *Pterostichus (Pseudomaseus) nigrita* (Payk., 1790), *P. (P.) niger* (Schall., 1783), *P. (Morphnosoma) melanarius* (Ill., 1798), *Calathus (Calathus) fuscipes* (Gz., 1777), *C. (C.) fuscipes* (Gz., 1777), *C. (Neocalathus) melanocephalus* (L., 1758), *Laemostenus (Laemostenus) venustus* (Dej., 1828), *Oxypselaphus (A.) dorsalis* (Pontop., 1763), *Agonum (Anchomenus) dorsal* Pont., *Olisthopus sturmii* (Duft., 1812), *Synuchus nivalis* (Panzer, 1797) – большинство из которых эврибионты, стратобионты скважники поверхностно-подстилочные.

В базу данных «Carabidae» экосистем западных яйл, включены сведения о 59 видах из 19 родов, которые объединены в 14 триб и 8 надтриб. Как и на всех яйлах по разнообразию доминирует подсемейство *Carabinae* Latr., 1802: сумма таксонов 128, видовое богатство 57. Из семи надтриб подсемейства зарегистрированных на яйлах наибольшим таксономическим разнообразием отличается надтриба *Harpalidae*, где по видовому богатству доминирует род *Harpalus* Latr., 1802 представленный 12 видами. В основном это степные ксерофильные и эврибионтные виды, миксофитофаги геохортобионты гарпалоидные: *H. (P.) griseus* (Panz., 1797), *H. (H.) tardus* (Panz., 1797), *H. (H.) caspius* (Stev., 1806), *H. (P.) rufipes* (Deg., 1774), *H. (P.) calceatus* (Duft., 1812), *H.*

(*P.*) *affinis* (Schrank, 1781), *H. (P.) dimidiatus* (P. Rossi 1790), *H. (C.) serripes* (Quens., 1806), *H. (C.) anxius* (Duft., 1812) и др.

Содоминантом по биоразнообразию является надтриба *Psydritae* Lec., 1853 – 5 родов и 11 видов, большинство из которых относятся к лесным мезофиллам и эврибионтам миксофитофагам стратобионтам скважникам поверхностно-подстилочным: *Poecilus (Poecilus) sericeus* Fisch., 1824, *Pterostichus (Pseudomaseus) nigrita* (Payk., 1790), *Pt. (Morphnosoma) melanarius* (Ill., 1798), *Calathus (Calathus) fuscipes* (Gz., 1777), *C. (Neocalathus) ambiguus* (Payk., 1790), *C. (N.) melanocephalus* (L., 1758), эндемики *Pseudophaenops Jakobsoni* (Pliginsky, 1912) и *Laetostenus jailensis* Breit, 1914 и др.

#### Библиографический список

1. Пышкин В. Б., Естафьев А. Л. Создание региональных баз данных насекомых: проект CrimInsecta // Динамика научных исследований-2004. Днепропетровск : Наука и образование, Серия: География. Т. 14. 2004. С. 26–27.

2. Пышкин В. Б., Кобечинская В. Г. Видовое богатство и таксономическое разнообразие карабид (Insecta: Carabidae) нагорного плато горы Чатыр-Даг Крымских гор // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Киров : ВятГУ, Книга 2. 2020. С. 223–226.

3. Пышкин В. Б., Прыгунова И. Л., Кобечинская В. Г. Биоразнообразие карабидофауны (Insecta: Carabidae) Западных яйл Крыма // Ломоносовские чтения 2022. Севастополь : Филиал МГУ им. М. В. Ломоносова, 2022. С. 28.

4. Пышкин В. Б., Прыгунова И. Л. Разнообразие и экология карабидофауны (Insecta: Carabidae) нагорных биогеоценозов Чатыр-Дага в Крыму // Наземные и морские экосистемы Причерноморья и их охрана. Севастополь : ФГБНУ «Институт природно-технических систем», 2020. С. 186–188.

5. Пышкин В. Б., Кобечинская В. Г. К изучению таксономического разнообразия карабидофауны (Insecta: Carabidae) нагорных биогеоценозов горы Чатыр-Даг Крымских гор // Ломоносовские чтения : сб. материалов науч. конф. Севастополь : Филиал МГУ им. М. В. Ломоносова, 2020. С. 20.

### ОРНИТОФАУНА МАНТУРОВСКОГО УЧАСТКА ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМЕНИ М. Г. СИНИЦЫНА

А. Н. Рузина<sup>1</sup>, О. Н. Ситникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Костромской государственной университет, ariruz@mail.ru

<sup>2</sup> Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, sitnikova.olga1989@yandex.ru

Проанализированы результаты маршрутных учетов видового разнообразия орнитофауны ГПЗ «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына за июнь 2022 г. Зарегистрировано 13 видов птиц. Также на исследуемом маршруте рассмотрен качественный и количественный состав учета птиц.

Ключевые слова: орнитофауна, учет, видовое разнообразие, численность, плотность населения.



Мониторинг состава фауны представляет собой одну из важных и самостоятельных задач в изучении и сохранении биоразнообразия. В связи с постоянно меняющимися биотическими, антропогенными и абиотическими факторами среды, влияющими на состав и численность населения птиц, большое значение имеет регистрация изменений в составе орнитофауны. В нашем исследовании территорией для изучения орнитофауны является государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени Максима Григорьевича Сеницына, который включен в список биосферных резерватов ЮНЕСКО и поддерживает возможности развития природных комплексов и их компонентов.

Исследование видового разнообразия на территории ГПЗ «Кологривский лес» актуально, так как орнитофауна особо охраняемой природной территории должна изучаться в системе ежегодного мониторинга. В связи с этим возникает возможность уточнения перечня представителей орнитофауны, сбора сведений об изменении их численности. Целью проведения исследований являлось изучение качественного и количественного состава орнитофауны на территории некоторых участков заповедника.

В июне 2022 г. проведены маршрутные учеты на Мантуровском кластере ГПЗ «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына в окрестностях стационарного мониторингового участка вблизи р. Каство. Учет птиц был проведен в лесном массиве и представлял собой пеший маршрут по грунтовой дороге, протяженность которого составляла 1 км. Учетный маршрут был разделен на 10 отрезков по 100 метров, каждый, отделен друг от друга метками, что позволяло легко определять сменяющиеся различные биотопы. Деление маршрута было необходимо для удобства исследования и для дальнейшего анализа данных по встречаемости отдельных видов птиц в разных биотопах маршрута. Маршрут характеризовался сменой растительных сообществ от березняка разнотравного с включением осины до смешанного сосняка-березняка с черничной ассоциацией.

Птиц учитывали по визуальным признакам и по песне в сезон гнездования. Определение численности и плотности населения птиц проводили по методике Ю. С. Равкина [1] и Н. Г. Челинцева [2, 3].

По итогам проведенного учета орнитофауны на Мантуровском участке территории ГПЗ «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына в окрестностях стационарного мониторингового участка был составлен список видов птиц, зарегистрированных в июне 2022 года (табл. 1).

В результате учета было отмечено пребывание 13 видов птиц. Наиболее распространенным являлся отряд Воробьинообразных, в котором можно выделить семейства вьюрковые и Славковые с соответствующими наиболее часто встречаемыми видами.

Таблица 1

**Список видов птиц, зарегистрированных во время маршрутного учета орнитофауны в июне 2022 г.**

Отряд	Семейство	Вид		
Воробьинообразные – Passeriformes	Вьюрковые (Fringillidae)	Зяблик – <i>Fringilla coelebs</i>		
		Клест-сосновик – <i>Loxia pytyopsittacus</i>		
	Синицевые (Paridae)	Большая синица – <i>Parus major</i>		
	Длиннохвостые синицы (Aegithalidae)	Длиннохвостая синица – <i>Aegithalos caudatus</i>		
	Дроздовые (Turdidae)	Певчий дрозд – <i>Turdus philomelos</i>		
	Трясогузковые (Motacillidae)	Лесной конек – <i>Anthus trivialis</i>		
	Врановые (Corvidae)	Серая ворона – <i>Corvus cornix</i>		
		Серая славка – <i>Sylvia communis</i>		
Пеночка-трещотка – <i>Phylloscopus sibilatrix</i>				
Пеночка-весничка – <i>Phylloscopus trochilus</i>				
Кукушкообразные – Cuculiformes	Кукушковые (Cuculidae)	Зеленая пеночка – <i>Phylloscopus trochiloides</i>		
		Обыкновенная кукушка – <i>Cuculus canoris</i>		
		Дятлообразные – Piciformes	Дятловые (Picidae)	Большой пестрый дятел – <i>Dendrocopos major</i>

На маршруте наиболее частые встречи были зафиксированы у таких видов, как зяблик, пеночка-трещотка, большая синица (табл. 2).

Таблица 2

**Результаты количественного и качественного учета птиц в июне 2022 г.**

Вид птиц	Показатели численности и плотности населения птиц		
	относительная численность видов (P)	обилие вида (%)	плотность вида на 1 км <sup>2</sup> (N)
Зяблик	38,7	100	96,4
Серая славка	9,58	87,5	18,67
Большая синица	0,77	87,5	26,67
Длиннохвостая синица	11,49	87,5	15,33
Пеночка-трещотка	1,15	100	22
Лесной конек	4,6	62,5	5,33
Клест-сосновик	10,73	37,5	5,33
Певчий дрозд	6,51	100	8
Кукушка	0,38	100	2,47
Пеночка-весничка	10,73	25	2
Ворона	3,07	12,5	0,67
Зеленая пеночка	1,92	37,5	1,33
Большой пестрый дятел	0,38	12,5	0,67

Ежедневно на каждом маршруте мы отмечали зяблика, пеночку-трещотку, певчего дрозда и кукушку, их обилие вида составило 100%. Наибольшая относительная численность была отмечена для зяблика, длиннохвостой синицы, пеночки-веснички и клеста-сосновика. Видами с самой

большой плотностью являлись зяблик ( $N = 96,4$ ), пеночка-трещотка ( $N = 22$ ) и большая синица ( $N = 26,67$ ). Доминирование зяблика, большой синицы и пеночки-трещотки по плотности характерно для биотопов с преобладанием светлых сосновых лесов с включениями березы, осины и елей.

Таким образом, в окрестностях стационарного мониторингового участка на Мантуровском участке территории ГПЗ «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына в июне 2022 г. во время учета орнитофауны было зарегистрировано 13 видов птиц, большая часть которых относится к отряду Воробьинообразные.

Видами с наибольшей плотностью в сезон учета 2022 г. были зяблик, пеночка-трещотка, большая синица.

#### **Библиографический список**

1. Равкин Ю. С., Доброхотов Б. П. К методике учета птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М., 1963. С. 130–136.

2. Равкин Е. С., Челинцев Н. Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц. М., 1990. 33 с.

3. Челинцев Н. Г. Математические основы учета животных. М., 2000. 431 с.

### **СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА НА ЗООГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ УЧАСТКАХ р. ПРЯНГИ**

*А. Л. Сиротин<sup>1</sup>, М. В. Сиротина<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Костромской государственной университет,  
lasirotin@gmail.com, mvsiroтина@gmail.com*

<sup>2</sup> *Государственный природный заповедник «Кологривский лес»  
имени М. Г. Сеницына*

Исследованы особенности развития сообществ зоопланктона на зоогенно-трансформированных участках р. Прянки на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына. Определены количественные и качественные структурные показатели сообществ зоопланктона. Выявлены закономерности сезонной динамики развития зоопланктоценозов.

Ключевые слова: зоопланктон, бобровые пруды, р. Прянка, заповедник «Кологривский лес».

Зоопланктон малых рек имеет важнейшее значение в функционировании их гидробиоценозов. В лотических системах развитию устойчивых зоопланктоценозов часто препятствует фактор течения, тем не менее сообщества зоопланктона успешно формируются в затонах, заливах, старичных участках малых рек. Благоприятные условия для развития организмов зоопланктона складываются также в случае зоогенной трансформации водотоков [1–3].

При перегораживании русла реки бобровыми плотинами значительно снижается скорость течения реки, вода бобровых прудов лучше прогревается, там часто развиваются заросли макрофитов. Одновременно повышается содержание органических веществ в воде вследствие трофической деятельности бобров и выделения ими в воду экскретов и экскрементов.

Обыкновенный бобр (*Castor fiber* L.) широко распространен на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына. Первоначально заселив более крупные реки, со временем он продвигался на самые малые, незначительные реки и ручьи. Бобр, являясь экосистемным инженером, значительно меняет окружающие его гидробиоценозы и растительные сообщества. Вследствие этого большое значение имеет мониторинг состояния водотоков на особо охраняемых природных территориях. Хорошим индикатором состояния водных экосистем является зоопланктон [4, 5]. В связи с этой целью работы являлся анализ структуры и количественных показателей сообщества зоопланктона незначительной реки подверженной зоогенной деятельности бобра.

Река Прянга протекает по территории Мантуровского кластера заповедника Кологривский лес и по классификации Рохмистрова-Наумова [6] относится к незначительным. На изученном участке реки русло, во многих местах, перегорожено бобровыми плотинами и представляет собой серию бобровых прудов. Бобры заселили р. Пряngu летом – осенью 2021 г., плотины были выстроены в тот же период. Отбор проб зоопланктона проводили на 5 станциях в разные сезоны 2021–2022 гг. с помощью малой количественной сети Джели (размер ячеек 70 мкм). Отобрано 56 количественных и качественных проб, пробы фиксировали 4% формалином. Обработку проб проводили по общепринятым методикам под бинокулярным микроскопом, определение видов – с помощью тринокулярного микроскопа с цифровой камерой. Расчет массы зоопланктеров проводили на основе отношения этого показателя к длине тела организма [7, 8]. Видовую структуру сообществ зоопланктона оценивали с помощью индекса доминирования Паляя-Ковнацки (D) [9]. Выравненность экологических сообществ оценивали при помощи индекса Пиелу [10]. Видовое разнообразие оценивали с помощью индекса Шеннона-Уивера (Hn) бит/экз. [11].

В результате исследований было выявлено 14 видов зоопланктеров, из них 7 видов Cladocera, 6 видов Copepoda, 1 вид Rotifera.

В осенний период 2021 г. среди таксономических групп по видовому богатству преобладали ветвистоусые (57,6%). В зимний период 2021–2022 гг. в зоопланктоне встречались только веслоногие рачки (100%). В весенний период 2022 г. в зоопланктоне встречались веслоногие (73%) и коловратки (27%). В летний период зоопланктон был представлен большей частью веслоногими рачками (98,8%), в основном, ювенильными стадиями Copepoda (98%).

Среди доминантов в осенний период были отмечены ветвистоусые рачки: *Acroperus harpae* (Baird, 1834) (D составлял 14,8–15,6) и *Simocephalus vetu-*

*lus* (O.F. Müller, 1776) (D=11,1). Веслоногие рачки были представлены копеподитными и науплиальными стадиями (D составлял 11,7–33,3).

В весенний период доминировали *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, 1832 (D составлял 31,5–42,8), ювенильные стадии веслоногих (D составлял 22,8–57,1) и *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851) (D=13,3).

В летний период доминантами являлись науплии и копеподиты веслоногих (D составлял 13,3–60,5).

Основную часть биомассы в осенний период 2021 г. составляли представители ветвистоусых рачков – *S. vetulus* (82,7%), которые относятся к первичным фильтраторам. В весенний период 2022 г. по биомассе преобладали *E. serrulatus* (84,6%). Летом 2022 г. биомасса была большей частью образована копеподитными (42,5%) и науплиальными (37,6%) стадиями *Copepoda*.

По типу питания, среди обнаруженных видов зоопланктона, основную численность осенью составляли плавающие и ползающие вторичные фильтраторы, соскребататели, детритофаги (46,1%). Зоопланктон в зимний период был представлен только ювенильными стадиями *Copepoda*, которые являлись плавающими грубыми фильтраторами (100%). Весной преобладали тонкие фильтраторы (34,1%), представленные науплиальными стадиями *Copepoda*. В летний период основное количество зоопланктона представляли тонкие фильтраторы (33–73%) и плавающие грубые фильтраторы (14–30%) (рис.).

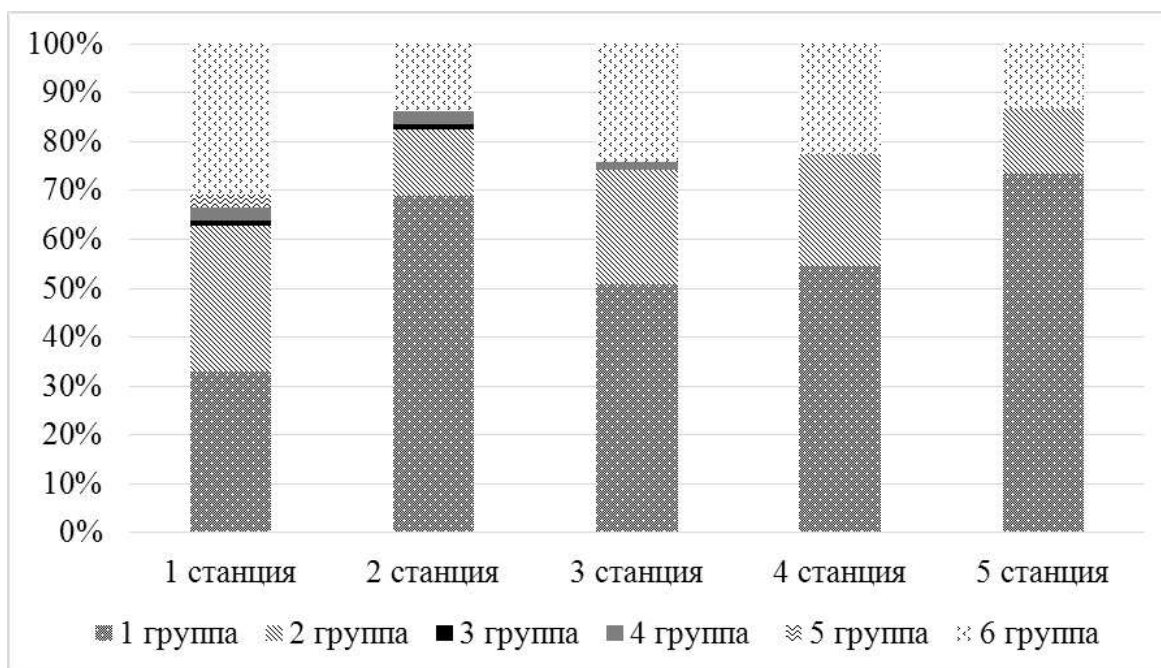


Рис. Соотношение экологических групп зоопланктона на станциях отбора проб на р. Прянге в июне 2022 г.\*

\*Экологические группы зоопланктона: 1 – тонкие фильтраторы; 2 – плавающие грубые фильтраторы; 3 – плавающие первичные тонкие и грубые фильтраторы; 4 – плавающие и ползающие вторичные фильтраторы, соскребататели и детритофаги; 5 – ползающие, плавающие собиратели, эврифаги; 6 – плавающие активные хищники, эврифаги

Самая низкая численность зоопланктона отмечена осенью 2021 г. (табл.), что было связано не только с периодом отбора проб (ноябрь 2021 г.), но и с тем, что бобровые плотины были недавно построены и там ещё не сформировались, характерные для бобровых прудов зоопланктоценозы. Самые высокие средние показатели численности и биомассы зоопланктона в сезонной динамике наблюдались в летний период.

Таблица

**Количественные и структурные показатели зоопланктона р. Прянга в разные сезоны года**

Сезоны года	N, тыс.экз./м <sup>3</sup> *	B, мг/м <sup>3</sup> *	Hn, бит/экз.*	En*	S*
Осень 2021 г.	52,0±9,52	4,53±3,67	1,67±0,08	0,73±0,06	1,65±0,04
Весна 2022 г.	425,0±80,15	9,75±7,85	1,31±0,16	0,95±0,03	1,74±0,02
Лето 2022 г.	4384,44±2294,44	30,38±22,35	1,32±0,05	0,83±0,15	1,84±0,002

Примечание: \* указаны средняя и ошибка средней.

Нами осуществлялся отбор проб и на участках реки, не подверженных зоогенной деятельности бобра. Отмечено, что в разные сезоны года биомасса зоопланктона в бобровых прудах была выше в 82,0–525,7 раз, а численность – в 9–17 раз, по сравнению с участками, не затронутыми деятельностью бобра.

Самые высокие показатели видового разнообразия (Hn) характерны для осеннего периода (табл.). Индекс Пиелу (En) в весенний период показывает наиболее равномерное распределение видов за все сезоны. Индекс сапробности (S) наиболее высок в летний период, так как летом количество взвешенного и растворенного органического веществ в воде намного выше, чем в остальные периоды. Исходя из значений индекса сапробности, водоток во все сезоны может быть охарактеризован как β – мезосапробный (табл.).

Таким образом, в результате исследований, проведенных в 2021–2022 гг., осуществлен мониторинг сообществ зоопланктона реки Прянга на зоогенно трансформированных участках. Наибольшие количественные показатели сообщества зоопланктона отмечены в летний период и в акватории бобровых прудов. В первый год функционирования бобровых прудов в составе зоопланктона отмечено преобладание фильтраторов. Весной среди доминантов находились коловратки и веслоногие, летом – веслоногие рачки, осенью – ветвистоусые и веслоногие.

**Библиографический список**

1. Крылов А. В. Зоопланктон равнинных малых рек. М. : Наука, 2005. 263 с.
2. Экспериментальные исследования влияния продуктов жизнедеятельности бобров (*Castor fiber* L.) на формирование структуры зоопланктона (на примере развития двух разноразмерных видов ветвистоусых ракообразных / А. В. Крылов, И. В. Чалова, Н. С. Шевченко, О. Л. Цельмович, А. В. Романенко // Сибирский экологический журнал. 2016. № 4. С. 600–610. doi: 10.15372/SEJ20160410
3. Осипов В. В., Башинский И. В., Подшивалина В. Н. О влиянии деятельности речного бобра – *Castor fiber* (*Castoridae*, *Mammalia*) на биоразнообразии экосистем малых рек

лесостепной зоны // Поволжский экологический журнал. 2017. № 1. С. 69–83. doi: 10.18500/1684-7318-2017-1-69-83

4. Кулаков Д. В. Сезонные и межгодовые изменения зоопланктона реки Неман // Принципы экологии. 2018. № 2. С. 87–102. doi: 10.15393/j1.art.2018.7582

5. Подшивалина В. Н. Особенности распределения зоопланктона в зоне притоков водохранилищ средней Волги // Биология внутренних вод. 2021. № 5. С. 472–480. doi: 10.31857/S0320965221050156

6. Рохмистров В. Л., Наумов С. С. Физико-географические закономерности распределения речной сети Ярославского Нечерноземья // Географические аспекты рационального природопользования в Верхневолжском Нечерноземье : межвузовский сб. науч. трудов. Ярославль : ЯГПИ им. К. Д. Ушинского, 1984. С. 53–64.

7. Балущкина Е. В., Винберг Г. Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озёр. Зоологический институт АН СССР. 1979. С. 58–72.

8. Ruttner-Kolisko A. Proposed formula for calculating body volume of planktonic rotifers // Journal of Zoology. 1976. № 24. P. 419–456.

9. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы современной идентификации // Известия Самарского научного центра РАН. 2003. Тольятти. ИЭВБ РАН. С. 439–442.

10. Pielou E. The measurement of diversity in different types of biological collections // Journal of Theoretical Biology. 1966. Vol. 13. P. 131–144. doi: 10.1016/0022-5193(66)90013-0

11. Shannon C. E., Weaver W. The mathematical theory of communication. Illinois : Urbana, 1963. 117 p.

## **АНТОФИЛЬНЫЕ НАСЕКОМЫЕ, ПОСЕЩАЮЩИЕ НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ ЗОНТИЧНЫХ В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

*А. А. Стеклова*

*Тульский государственный университет,  
info@tsu.tula.ru; imc@tsu.tula.ru*

Данная учебная работа посвящена изучению спектров насекомых – опылителей зонтичных растений на территории Тульской области с использованием в качестве объектов инвазивного, аборигенного и культурного видов. Такой выбор позволяет выявить и проанализировать различий в спектрах посетителей и опылителей соцветий зонтичных между разными видами и определить факторы, их обуславливающие (сигнал визуальной аттракции). Подобных исследований было мало на территории Тульской области, вдобавок данная работа имеет отношение к актуальной проблеме экологии инвазивных видов растений. В результате удалось выявить различия в численности функциональных групп опылителей между видами зонтичных растений.

Ключевые слова: опыление, Зонтичные, *Ariaceae*, насекомые-опылители, инвазивные виды, функциональные группы опылителей

Биотическое опыление – один из основных типов биологических связей, имеющий особую значимость для полового размножения цветковых рас-

тений. Среди покрытосеменных растений виды, которые опыляются животными (в том числе насекомыми), составляют подавляющее большинство – по разным оценкам от 67 до 96% всех видов [1]. Антофилия (способность участвовать в опылении) у насекомых началась с палинофагии (питания пыльцой), но затем наступил этап питания нектаром [2]. Однако насекомые могут использовать соцветия растений не только для питания, но и для отдыха, места встречи с половым партнёром и т.д. [3]. Совокупность всех видов насекомых – посетителей цветков растений – формирует сложные биологические группировки (функциональные группы)[1].

Зонтичные (*Apiaceae*) – довольно многочисленное семейство двудольных растений. Его представители, как правило, взаимодействуют с чрезвычайно широким кругом как просто посетителей, использующих цветки как место отдыха или объект для лимфофагии [4], так и опылителей, причём среди последних наиболее многочисленными функциональными группами опылителей считаются жуки, мускоидные мухи, пчелы, реже толкунчики [5].

На территории Тульской области инвазивным видом является борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*). Соприкосновение с частями этого растения вызывает сильный фотохимический дерматит [6], поэтому при работе с этим объектом следует быть осторожнее. Остальные объекты угрозы не представляют.

Цель: изучение спектров опылителей некоторых видов Зонтичных, используя аборигенный, инвазивный и культурный виды.

Задачи: 1) составить характеристику биотопа, на котором произрастают выбранные особи растений; 2) определить таксономию насекомых, посещающих выбранные особи растений; 3) сравнить спектры посещающих насекомых на разных видах Зонтичных; 4) выявить факторы, способные влиять на состав опылителей разных видов Зонтичных.

Для определения численности и систематической принадлежности насекомых с конца июня по начало сентября 2022 года проводились учёты на точках на территории, расположенной в Скуратовском микрорайоне, д. Тихвинке (54.104296 с. ш., 37.632484 в. д.), которая включала в себя участок с огородными культурами и участок луговой растительности. Наблюдения велись в период цветения объектов в ясную солнечную погоду без сильного ветра, время наблюдения за одним видом от 20 до 40 минут в зависимости от количества особей. Всего было 9 дней, когда велись наблюдения, увенчавшиеся положительным результатом, общее время «успешного» наблюдения примерно 19 часов. Посетителями считались все насекомые, которые взаимодействовали с цветками, среди их числа уже на этапе подсчёта по функциональным группам были отделены опылители. В частности из числа опылителей был исключён клоп итальянский (*Graphosoma lineatum*).

Объекты: купырь лесной (*Anthriscus sylvestris*), борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*), укроп (*Anethum graveolens*).

В общей сложности исследуемые растения в течение периода наблюдения посетили 46 видов насекомых из 5 отрядов, они относились к



8 функциональным группам опылителей. Наиболее значимые результаты были получены за 2–3 и 16–17 июля (бабочки и шмели ввиду малого числа были объединены с группой «другие») (табл. 1 и 2 и рис.). Из видов наиболее многочисленными были: жуки-олёнка зловонная (*Oxythyrea funesta*) и мягкотелка рыжая (*Rhagonycha fulva*), мухи-журчалки – журчалка осовидка (*Temnostoma vespiforme*), мускоидные мухи - муха комнатная (*Musca domestica*), иные – оса рода Бетелида (*Bethylida* sp.), иные пчёлы – пчёлы рода Андрена (*Andrena* sp.), медоносные пчёлы – пчела медоносная (*Apis mellifera*).

Таблица 1

**Численность опылителей по функциональным группам  
2–3 июля 2022 г.**

Функциональные группы/растения	Жуки	Мухи-журчалки	Мускоидные мухи	Другие	Другие пчёлы	Медоносные пчёлы	Всего
Укроп	2 (2,38%)	32 (38,1%)	2 (2,38%)	33 (39,29%)	15 (17,86%)	0 (0%)	84
Борщевик	19 (20,43%)	16 (17,2%)	9 (9,68%)	18 (19,35%)	15 (16,13%)	16 (16,13%)	93
Купырь	10 (23,81%)	9 (21,43%)	3 (7,14%)	11 (26,19%)	9 (21,43%)	0 (0%)	42
Всего	31	57	14	62	39	16	219

Таблица 2

**Численность опылителей по функциональным группам  
16-17 июля 2022 г.**

Функциональные группы/растения	Жуки	Мухи-журчалки	Мускоидные мухи	Другие	Другие пчёлы	Медоносные пчёлы	Всего
Укроп	25 (22,32%)	8 (7,14%)	3 (2,68%)	48 (42,86%)	24 (21,43%)	4 (3,57%)	112
Борщевик	0 (0%)	2 (16,67%)	0 (0%)	10 (83,33%)	0 (0%)	0 (0%)	12
Купырь	1 (5%)	1 (5%)	0 (0%)	18 (90%)	0 (0%)	0 (0%)	20
Всего	26	11	3	76	24	4	144

Состав посетителей на уровне функциональных групп значительно различался между исследованными видами растений ( $p < 0,001$  в критерии Пирсона). Так, наиболее привлекательным для посетителей за 2–3 июля был борщевик Сосновского (рис.).

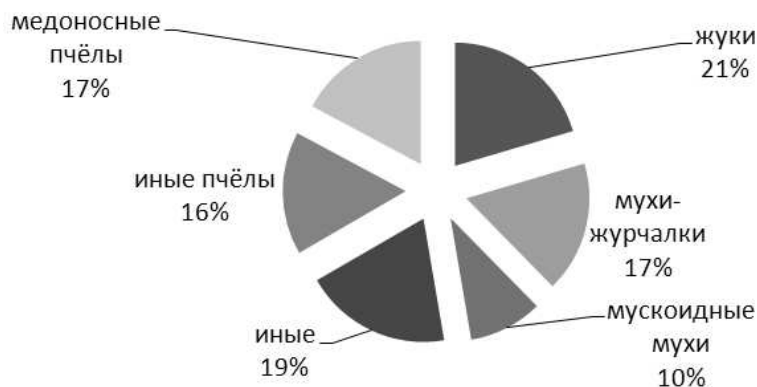


Рис. Соотношение по функциональным группам опылителей у борщевика Сосновского за 2–3 июля 2022 г.

Несмотря на то, что зонтичные считаются неспециализированными растениями, спектры опылителей у укропа, борщевика Сосновского и купыря лесного отличались. Критерием Пирсона была подтверждена связь между численностями функциональных групп опылителей и видом растения. Наиболее многочисленными функциональными группами стали жуки, мухи-журчалки, иные пчелы и иные.

#### Библиографический список

1. Дорохин Д. М., Лысенков С. Н., Елумеева Т. Г. Сравнение спектров антофильных насекомых, посещающих некоторые виды зонтичных (Апиaceae) в Московской области // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 2019. Т. 124. Вып. 2. С. 25–34.
2. Гринфельд Э. К. Происхождение и развитие антофилии у насекомых. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. 208 с.
3. Витон П. Г. Опыт привлечения энтомофилов и насекомых-опылителей ароматическими и медоносными растениями // Евразийский энтомолог. Журнал. 2016. № 15(1). С. 89–94.
4. Рогатных Д. Ю., Аистова Е. В., Безбородов В. Г. Экологическое значение насекомых (Insecta) и паукообразных (Arachnida) опылителей кустарников рода *Spiraea* L. (сем. Rosaceae Juss.) на территории Амурского филиала Ботанического сада-института // Вестник КрасГАУ. 2011. № 10. С. 102–106.
5. Демьянова Е. И., Квиткина А. К., Лыков В. А. Особенности опыления *Heraclium sibiricum* L. и *Seseli libanotis* (L.) Koch (Апиaceae) в Приуралье // Вестн. Пермского ун-та. Сер. биол. 2007. № 5. С. 6–14.
6. Симонова А. Ю., Белова М. В., Ильяшенко К. К. Фотохимический дерматит вследствие контакта с соком борщевика Сосновского // Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care. 2020. Vol. 9(4). P. 653–658.

## АТИПИЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ ЗАПОВЕДНИКА «ДИВНОГОРЬЕ» (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

*А. Н. Тимофеев*

*Воронежский государственный педагогический университет,  
www72@bk.ru*

Приводится обзор видов животных, нехарактерных для степного заповедника «Дивногорье», расположенного на территории Воронежской области РФ. За период 1990–2020 гг. было отмечено 13 видов позвоночных и беспозвоночных животных, обитающих в почве, воде и наземно-воздушной среде. Сухопутные животные были представлены в основном лесными видами. Лесополосы служат своеобразными коридорами для проникновения лесных видов животных на степные территории.

Ключевые слова: атипичные виды, лесная фауна, степные территории.

Природный историко-археологический государственный музей-заповедник «Дивногорье» расположен в 80 км к югу от г. Воронежа в месте слияния рек Дон и Тихая Сосна. Занимая 11500 га правобережья Дона, заповедник считается степным и содержит большое разнообразие калькофильных видов растений и животных. Основными структурными элементами заповедника являются коренной склон долины реки Дон и Тихая Сосна, участок их поймы и высоко приподнятое водораздельное плато. Правый коренной склон долины Тихой Сосны и Дона крутой, с многочисленными обнажениями мела и мергеля. На отдельных участках крутизна склона превышает 60°. Высота его достигает 100 м. Во многих местах склон изрезан оврагами, балками и ложбинами стока. Здесь же распространены оползни, осыпи и микроформы голого мелового карста [1, 2]. Междуречное плато протяженностью 4 км, приподнято в центральной части на 185 м. Окраины плато изрезаны густой сетью оврагов, открывающиеся в речные долины и балки. Общая их протяженность 17 км. Месторасположение Дивногорья в центре Русской равнины обуславливает поступление на его территорию довольно значительного количества солнечной радиации (1650 МДж/м<sup>2</sup> в год). Суммы активных температур велики и достигают 2700 °С, годовое количество осадков – 470 мм. Наибольшее их количество выпадает летом. Территория заповедника хорошо обеспечена как поверхностными, так и подземными водами [1, 3]. Нередки половодья Тихой Сосны, наивысшие уровни которых формируются полностью под влиянием Дона [1].

Растительность Дивногорья представлена четырьмя основными типами степных группировок: тимьянниковые степи, кальцефитно-петрофитные луговые степи, проломниковые степи и низкоосоковые степи [1, 4].

Животное население заповедника наиболее богато в первой половине лета. Меловые склоны со слаборазвитой растительностью, осыпями, откры-

тыми участками почвы в условиях Центрального Черноземья являются наиболее подходящими местами обитания для теплолюбивых видов южного, средиземноморского или аридного распространения. Из беспозвоночных животных отмечены бабочки белянки, голубянки, сатиры, жуки, прямокрылые, стрекозы, двукрылые и др. Среди позвоночных животных часто встречается еж обыкновенный, бурозубка, ящерица прыткая, степная гадюка, лисица, заяц, хищные, насекомоядные и зерноядные птицы и др.

Для выявления видов, «нехарактерных» для рассматриваемой местности, использовались следующие методы: для учета позвоночных животных – наблюдение, визуальная фиксация с применением бинокля, живоловки для мышевидных грызунов; для учета беспозвоночных животных – ловушки Барбера, энтомологический сачок.

Большой неожиданностью предстают животные, встреченные на территории заповедника, но не типичные для данной местности. По наблюдениям, проводимым с 1990 г. преимущественно в весенне-летний период, составлен список «нехарактерных» видов животных заповедника Дивногорье. «Нехарактерными» или «атипичными» для определенной местности видами животных мы считаем такие виды, ареал которых не захватывает данной территории, или виды, которые не могут длительно существовать в данной местности, активно размножаться и выращивать потомство, иметь достаточную пищевую базу и убежища. Как правило, встречи с такими видами были единичны и носили случайный характер. Всего за период наблюдений встречено 13 видов животных, в том числе 6 видов позвоночных и 7 видов беспозвоночных животных.

1. 1990–2012 гг. Черноморская сельдь – *Alosa pontica* Echwald – проходная рыба бассейнов Черного и Азовского морей. В июне-июле отдельные экземпляры сельди периодически попадают в браконьерские рыболовные сети в р. Тихая Сосна. Предельный размер 25–27 см.

2. 1993, 2000, 2017, 2020 гг. Дождевой червь восьмигранная дендробэна – *Dendrobaena octaedra* Sav. – типично лесной вид, распространенный всевозможных типов, в пнях, под мхом, в верхних слоях почвы, на стволах деревьев в трещинах коры. Название *Dendrobaena* означает «двигающаяся по деревьям» или «обитающая на деревьях». 22 экземпляра длиной 32–38 мм найдены в нижней, припойменной части склона и в пойменной лесополосе близ хутора Дивногорский в июне месяце.

3. 1996–2002, 2017 гг. Прямокрылое насекомое севчук сервиллеи – *Onconotus servillei* F.-W. – известен из степей Казахстана. В Воронежской области впервые отмечен в Дивногорье в 1996 г. С этого времени периодически встречается по несколько экземпляров за сезон на пойменном заливном лугу, преимущественно в конце июля – августе.

4. 1997 г. Лось – *Alces alces* L. Воронежской области населяет крупные лесные массивы с сырыми заболоченными участками. В заповеднике Дивногорье взрослый самец отмечен один раз днем в ясеновой лесополосе на пла-

коре. Потревоженный, быстро спустился по открытому степному склону (50°) и скрылся в пойменных зарослях, растущих вдоль железной дороги. По сведениям сотрудников заповедника, ранее эти животные здесь не встречались.

5. 1997, 2002, 2010, 2011 г. Длинноусый серый усач – *Acanthocinus aedilis* L. – лесной вид, широко распространенный в Воронежской области. Это небольшой 13–20 мм светло-бурый жук. Усики самца в 4–5 раз, а у самок – в 2 раза длиннее тела. Встречается ранней весной, затем в конце лета на сосновых пнях и стволах. Личинки развиваются под корой преимущественно хвойных деревьев. В заповеднике в июле – августе обнаружено несколько особей (самцы и самки) на окраине хутора Дивногорский. Предположительно насекомые попадали в эту местность вместе со строительным сосновым лесоматериалом. В последующие годы жуки этого вида в заповеднике не обнаруживались.

6. 1998, 2001 гг. Усач Кожевникова или дровосек-кожевник – *Prionus coriarius* L. – вид жуков, широко заселяющих северные леса. В Воронежской области встречается часто в смешанных лесах. Личинки живут чаще в прикорневой зоне деревьев лиственных пород. В заповеднике отмечен дважды в июле у подножья склона и на плакоре.

7. 2000 г. Жук-олень – *Lucanus cervus* L. – на территории заповедника два самца найдены в начале июля. Один экземпляр был раздавлен на тропе, пролегающей по плакорной части заповедника, второй – найден живым на дороге в пойме заповедника, на лугу.

8. 2001, 2012, 2017 гг. Лесная куница – *Martes martes* L. – обнаружена в пойменной части заповедника. Единичные встречи в указанные годы происходили в июне-июле в ранние утренние часы на побережье Тихой Сосны.

9. 2017, 2019 гг. Белка обыкновенная – *Sciurus vulgaris* L. – лесной обитатель. По Воронежской области проходит южная граница ареала этого вида. Распространена здесь спорадично. В заповеднике отмечена дважды в сентябре, октябре (2017 г.) и один раз в сентябре (2019 г.) на плакоре в ясеневой лесополосе.

10. 2000, 2012 гг. Лесная соня – *Dryomys nitedula* Pall. – обитатель древесно-кустарниковой растительности. В заповеднике отмечена дважды в пойменной лесополосе.

11. 2000, 2017, 2019 гг. Жужелица лесная – *Carabus nemoralis* Mull. – собрано 18 экз. (ловушки Барбера) в пойменной лесополосе близ железной дороги в июле месяце.

12. 2000, 2011, 2017 гг. Большая сосновая златка – *Buprestis mariana* L. – в общей сложности отмечено 6 экз., на плакоре в ясеневой посадке и близ нее.

13. 1999 г. Крот европейский – *Talpa europaea* L. – типично почвенный зверь. Для Воронежской области очень редок, его распространение здесь ограничено и локально. В пределах области проходит южная граница ареала этого вида. Лимитирующим фактором является недостаток осадков и, как следствие, сухость почвы и бедность ее дождевыми червями – излюбленным

кормом кротов. В границах заповедника единичная находка сделана на пойменном заливном лугу.

Среди отмеченных видов на степной территории встречались лесные обитатели: лось, белка, лесная куница, лесная соня, дождевой червь восьмигранная дендробэна, жужелица лесная, большая сосновая златка, длинноусый серый усач, усач Кожевникова, жук-олень. Эти виды предпочитают лесные массивы. Однако, находки некоторых из них, например, восьмигранной дендробэны, жужелицы лесной, могут указывать на их постоянное местообитание на территории степного заповедника. Необходимо также принимать во внимание факт периодического затопления мест находок животных во время разлива Дона в весенний период половодья. Для развития личинок жука-оленя необходима древесина старых дубов, которая отсутствует в районе находок двух экземпляров имаго на территории заповедника. Древесина отсутствующих в заповеднике деревьев нужна для питания личинок усача Кожевникова.

Таким образом, подводя итог обзору «нехарактерных» видов для территории Природного археологического музея-заповедника «Дивногорье» можно сделать следующие выводы:

1. На степной территории заповедника «Дивногорье» периодически могут появляться «нехарактерные» виды, за период 1990–2020 гг. было отмечено 13 видов позвоночных и беспозвоночных животных.

2. Из наземных представителей на территории «Дивногорья» отмечаются лесные виды. Их проникновение может происходить случайно, или целенаправленно в поисках новых мест обитания.

3. Коридорами распространения лесных видов через степные территории могут служить лесополосы.

4. На территории лесополос могут некоторое время существовать и проходить полный жизненный цикл некоторые виды беспозвоночных животных, например, дождевой червь восьмигранная дендробэна, жужелица лесная и др.

5. При разливе Дона в период половодья черноморская сельдь может попадать в р. Тихая Сосна, оставаясь в ней длительное время, являясь нехарактерным обитателем данной реки.

#### **Библиографический список**

1. Бережной А. В., Мильков Ф. Н., Михно В. В. «Дивногорье»: природа и ландшафты. Воронеж : ВГУ, 1994. 144 с.
2. Мильков Ф. Н. Дивы Среднерусской возвышенности // Природа. 1954. № 9. С. 92–94.
3. Федотов В. И. Царева лука // Воронежские дали. 1981. С. 140–144.
4. Панкратова Л. А., Волкова Т. М. Музей-заповедник «Дивногорье»: экология, лиология, растительность (Воронежская область) // Вестник Волгоградского гос. ун-та. Сер. 11. Естественные науки. 2015. № 4 (14). С. 40–49.

# ГЕЛЬМИНТОФАУНА АМФИБИЙ КОЛОГРИВСКОГО КЛАСТЕРА ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМЕНИ М. Г. СИНИЦЫНА

Е. Е. Федотова<sup>1</sup>, Л. В. Мурадова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Костромской государственной университет,

<sup>2</sup> Государственный природный заповедник  
«Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына,  
liffedotova@yandex.ru, mlv44@mail.ru

В данной статье приводятся результаты исследований гельминтофауны амфибий на территории Кологривского кластера Государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына. Обнаружено, что у земноводных *Rana temporaria* и *Bufo bufo* паразитируют представители двух классов гельминтов: Nematoda – 2 вида и Trematoda – 2 вида. Определена общая зараженность амфибий гельминтами, экстенсивность и интенсивность инвазии.

Ключевые слова: амфибии, гельминтофауна, экстенсивность инвазии, интенсивность инвазии, индекс обилия, *Rana temporaria*, *Bufo bufo*, заповедник «Кологривский лес».

Паразиты являются одним из важнейших факторов динамики природных популяций животных. Обладая патогенностью, они участвуют в регуляции численности животных, часто выступая как фактор естественного отбора устойчивых особей и популяций.

Земноводные имеют важное значение в биоценозах, они принимают участие в жизненных циклах многих паразитов в качестве промежуточных, окончательных и резервуарных хозяев. Гельминты могут паразитировать на различных стадиях развития в организме хозяев разных рангов и оказывать влияние на их жизнедеятельность. Локализация паразитов в жизненно важных органах и тканях приводит к изменению физиологического состояния, поведенческих реакций и гибели зараженных животных. Всё это отражает необходимость всестороннего исследования данной проблемы.

Исследования проводились в летний период 2022 г. на территории заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына (Кологривский участок). За время исследования всего было отловлено 100 особей земноводных, из которых 20% относились к виду *Bufo bufo*, и 80% – к виду *Rana temporaria*. Отловленные амфибии подвергались полному гельминтологическому вскрытию по общепринятой методике Скрябина [1].

Для количественной характеристики зараженности земноводных паразитами использовались показатели: экстенсивность инвазии (%), которая рассчитывалась по формуле:  $E = n / N \cdot 100$ , где  $n$  – количество зараженных особей-хозяев,  $N$  – число исследованных особей хозяев; средняя интенсивность

инвазии, рассчитывалась по формуле:  $I = m / n$ , где  $m$  – число обнаруженных гельминтов,  $n$  – число зараженных особей хозяев; индекс обилия, рассчитывался по формуле:  $M = m / N$ , где  $m$  – число обнаруженных гельминтов,  $N$  – число исследованных особей хозяев. Математическая обработка данных выполнялась общепринятыми статистическими методами Лакина [2].

При изучении гельминтофауны земноводных в заповеднике было обнаружено 4 вида гельминтов различной локализации, относящихся к 2 классам: *Nematoda* и *Trematoda*. Общая зараженность амфибий гельминтами составила 31,9 %, наиболее заражена *Bufo bufo* – 40%, *Rana temporaria* – 23,8% выборки (табл. 1).

Для подробного анализа была подсчитана зараженность разными видами гельминтов среди каждой популяции амфибий, а также максимальное и минимальное количество паразитов:

Таблица 1

**Видовой состав и количество гельминтов у разных видов амфибий**

Виды гельминтов и их систематическое положение	Хозяин	Заражено, %	Количество гельминтов, мин.-макс. (всего)
<i>Oswaldocruzia filiformis</i> (класс <i>Nematoda</i> )	<i>Rana temporaria</i>	5	1–12 (21)
	<i>Bufo bufo</i>	20	1–15 (34)
<i>Pleurogenes claviger</i> (класс <i>Nematoda</i> )	<i>Rana temporaria</i>	5	1–5 (12)
	<i>Bufo bufo</i>	20	5–11 (33)
<i>Pneumonoeces variegatus</i> (класс <i>Trematoda</i> )	<i>Rana temporaria</i>	5	2–3 (10)
<i>Haplometra cylindracea</i> (класс <i>Trematoda</i> )	<i>Rana temporaria</i>	6	4–15 (90)
	<i>Bufo bufo</i>	10	2–5 (7)

В результате наших исследований установлено, что на территории заповедника у *Rana temporaria* обнаружены 4 вида паразитов, среди которых преобладают трематоды. У *Bufo bufo* не встречается *Pneumonoeces variegatus*, паразитирующий в легких, заражение жаб трематодами *Haplometra cylindracea* происходит в период размножения на стадии головастиков и их метаморфоза.

Жабы больше подвержены заражению гельминтами, паразитирующими в кишечнике, так как количество паразитов кишечника у жаб выше, чем у лягушек. Из выборки 20% особей серой жабы заражены гельминтами класса *Nematoda* и только у 10% обнаружены гельминты вида *Haplometra cylindracea*. Лягушки, наоборот, больше заражены паразитами легких: *Haplometra cylindracea* - 10% особей, *Pneumonoeces variegatus* – 5% особей. Это связано с образом жизни амфибий, так как лягушки – это полуводные организмы, а заражение трематодами происходит в воде. Жабы – это наземная группа организмов, связанных с водой только на стадии метаморфоза [3].

*Oswaldocruzia filiformis* локализуется в кишечнике, имеет трехлопастную бурсу и округлое ротовое отверстие, вокруг которого 4 сосочка. Заражение происходит на суше, вследствие заглатывания его яиц вместе с пищевы-



ми объектами. Заражение происходит перорально при случайном контакте хозяина с инвазионными личинками на суше. Паразит относится к геогельминтам [4].

*Pleurogenes claviger* – это маленькие нематоды с удлинённым телом, кутикула покрыта шипиками, брюшная присоска меньше ротовой, располагается преэквиаториально, ротовая присоска субтерминальная, за ней следует фаринкс. Паразит имеет короткий пищевод, широкие и длинные кишечные стволы, которые тянутся до заднего конца.

*Haplometra cylindracea* – это трематодный паразит лягушек и жаб. Взрослые черви обычно достигают 10 мм и располагаются в легких. *H. cylindracea* развивается через двух промежуточных хозяев: первый – пресноводная улитка, второй – водяной жук. Взрослые черви обычно имеют удлинённое цилиндрическое тело. Вентральная присоска меньше, чем ротовая присоска. Яйца темно-коричневого цвета, имеют размер 220 мкм. Церкарии содержат характерный стилет. Заражение происходит церкариями трематоды, миграция метацеркарий и их локализация в легкие совершаются в той же особи. Земноводные выполняют роль двойного хозяина гельминта, отдельные стадии которого используют в качестве дополнительного и окончательного хозяина одну особь амфибий [5].

*Pneumonoeces variegatus* имеет тело с четко выраженным сужением в передней части и закругленное в задней части, гладкую кутикулу. Ротовая присоска расположена субтерминально, брюшная присоска расположена на уровне перехода узкой передней части тела в широкую заднюю. Земноводные являются основными хозяевами паразита, заражение происходит в воде [5].

По литературным данным [3], количество паразита не зависит от пола хозяина. Мы провели сравнительный анализ зараженности самцов и самок (табл. 2).

Таблица 2

**Зараженность гельминтами самцов и самок амфибий**

Амфибии	Виды гельминтов	Зараженность			
		самцы		самки	
		абс.	%	абс.	%
<i>Rana temporaria</i>	<i>Oswaldocruzia filiformis</i>	4	5	0	0
	<i>Pleurogenes claviger</i>	4	5	0	0
	<i>Pneumonoeces variegatus</i>	3	3,8	1	1,3
	<i>Haplometra cylindracea</i>	6	7,5	4	5
<i>Bufo bufo</i>	<i>Oswaldocruzia filiformis</i>	2	10	2	10
	<i>Pleurogenes claviger</i>	3	15	1	5
	<i>Haplometra cylindracea</i>	2	10	0	0

По данным наших исследований установлено, что среди изученных особей земноводных наиболее заражены самцы, средняя зараженность которых всеми видами гельминтов составила у *Rana temporaria* – 5,3%, у *Bufo bufo* – 11,7%, в то время как у самок средняя зараженность была – 1,6% и 5% соответственно. Гельминты *O. filiformis* и *P. claviger* обнаружены только у

самцов лягушки травяной, *H. cylindracea* – только у самцов жабы серой. Возможно, это связано тем, что самцы более активны, чем самки.

Таблица 3

**Показатели гельминтофауны земноводных**

Гельминты	Экстенсивность инвазии, е, %		Средняя интенсивность инвазии, i		Индекс обилия, м	
	лягушка травяная	жаба серая	лягушка травяная	жаба серая	лягушка травяная	жаба серая
<i>Oswaldocruzia filiformis</i>	13	29	1,1	4,3	0,7	2,4
<i>Haplometra cylindracea</i>	37	14	4,9	0,9	3,1	0,5
<i>Pleurogenes claviger</i>	7	29	0,4	4,1	0,2	2,3
<i>Pneumonoeces variegatus</i>	13	0	0,5	0	0,3	0

Самым распространенным видом гельминтов у лягушки травяной является *Haplometra cylindracea*, паразитирующий в кишечнике, экстенсивность инвазии составила – 37%. Лягушки являются основными и промежуточными хозяевами большого числа паразитов. У жабы серой наиболее распространенными видами гельминтов были *Pleurogenes claviger* и *Oswaldocruzia filiformis*, экстенсивность инвазии – 29%. Отсутствие у жаб *Pneumonoeces variegatus* свидетельствует о том, что они не принимают участие в цикле развития данного паразита [3].

Среднее количество паразитов, приходящихся на одну зараженную особь хозяина у амфибий, сильно различается. Интенсивность инвазии *O. filiformis* и *P. claviger* у жабы серой значительно больше, чем у лягушки травяной, индекс обилия паразитов составил 2,4 и 2,3 соответственно. Интенсивность инвазии *Haplometra cylindracea* выше у лягушки травяной, индекс обилия паразита составил 3,1.

Таким образом, общая зараженность амфибий гельминтами в заповеднике «Кологривский лес» составила 31,9%, наиболее заражена *Bufo bufo* – 40% выборки. Самым распространенным видом гельминтов у лягушки травяной является *Haplometra cylindracea*, экстенсивность инвазии составила – 37%, у жабы серой – *Pleurogenes claviger* и *Oswaldocruzia filiformis*, экстенсивность инвазии – 29%. Количество гельминтов и зараженность ими амфибий зависит от образа жизни и места обитания особей. Преобладающее количество паразитов было обнаружено у самцов, средняя зараженность которых всеми видами гельминтов составила у *Rana temporaria* – 5,3%, у *Bufo bufo* – 11,7%.

**Библиографический список**

1. Скрыбин К. И. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. М. : Изд-во МГУ, 1928. 45 с.
2. Лакин Г. Ф. Биометрия : учебное пособие для биологических специальностей вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Высшая школа, 1990.
3. Юмагулова Г. Р. 2000. Гельминты амфибий Южного Урала : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа. 19 с.

4. Hendrix W. M. L. Observations of the routes of infection of *Oswaldocruzia filiformis* (Nematoda, Trichostrongylidae) in amphibia // Z. Parasitenk. 1983. Vol. 69. No. 1. P. 119–126.

5. Метациркурии трематод-паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России / В. Е. Судариков, А. А. Шигин, Ю. В. Курочкин, В. В. Ломакин, Р. П. Стенько, Н. И. Юрлова // Метациркурии трематод – паразиты гидробионтов России. Т. 1. М. : Наука, 2002. 298 с.

## СЕКЦИЯ 8 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ, ВОСПИТАНИЕ, ПРОСВЕЩЕНИЕ

### К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ЭКОПРОСВЕЩЕНИЯ

*С. Б. Ярусова<sup>1</sup>, А. М. Смышляев<sup>2</sup>, Т. С. Вишкова<sup>1</sup>,  
Н. В. Иваненко<sup>1</sup>, С. Ю. Гатауллина<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Владивостокский государственный университет, *yarusova\_10@mail.ru*

<sup>2</sup> Информационно-методический центр «Тихоокеанский Проект»,  
*pacific-project@mail.ru*

<sup>3</sup> Дальневосточный федеральный университет, *gataullina.syu@dvfu.ru*

В статье рассмотрен успешный опыт организации Приморских экологических форумов в 2022 г. (г. Владивосток). Показано, что Приморский экологический форум является эффективной коммуникативной площадкой для обмена мнениями специалистов в сфере экологического образования и просвещения, а также выработки совместных решений и реализации совместных мероприятий и проектов.

Ключевые слова: экологическое образование, экологическое просвещение, экологические мероприятия, Приморский экологический форум.

В настоящее время функционирует большое количество организаций, занимающихся вопросами экологического образования и просвещения. В число основных форм работы по экологическому просвещению входит организация и проведение экологических мероприятий, информирование населения об экологических проблемах и путях их решения, формирование экологического сознания. Отмечается, что содержание современного экологического образования должно быть интегрированным, развивать навыки умения сбалансировать экологические, социальные, экономические интересы [1–4]. В этом процессе неотъемлемой частью является процесс интеграции диалога граждан, общественных и научно-образовательных организаций по существующим проблемам с местными органами представительной и исполнительной власти и органами местного самоуправления. Трудно переоценить роль профессиональных коммуникаций, значимость которых подтверждалась созданием Межрегиональной ассоциации экологического образования и просвещения с целью активизации деятельности региональных ассоциаций для развития экологического образования и просвещения в стране. В ассоциацию

вошли преподаватели вузов России, сотрудники особо охраняемых природных территорий, научно-исследовательских институтов, представителей общественных организаций и др. [5].

Однако на региональном уровне масштабных мероприятий по вопросам экообразования и экопросвещения проходит достаточно ограниченное количество. К числу наиболее крупных мероприятий, проходивших в Приморском крае в 2022 г., можно отнести Международный экологический форум «Сохранение биоразнообразия в Азиатско-Тихоокеанском регионе: 50 лет Программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера (МАБ)» (Владивостокский государственный университет, 29 марта–1 апреля 2022 г.), основные результаты которого рассмотрены в работе [6]. В данной работе приведен успешный опыт организации Приморских экологических форумов в 2022 г.

В 2022 г. по инициативе Общественного совета федерального проекта Всероссийской политической партии «Единая Россия» «Чистая страна», Краевой межведомственной комиссии по экологическому образованию, просвещению и воспитанию экологической культуры в Приморском крае, Приморской автономной некоммерческой организации «Информационно-методический Центр «Тихоокеанский Проект» при поддержке Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Приморского края, Министерства жилищно-коммунального хозяйства Приморского края, Министерства образования Приморского края, Департамента внутренней политики Приморского края, КГУП «Приморский экологический оператор» было организовано два Приморских экофорума (15.04.2022 и 14.12.2022).

Два экологических форума объединили не только членов Краевой межведомственной комиссии по экологическому образованию, просвещению и воспитанию экологической культуры в Приморском крае. В форумах приняли активное участие представители региональных органов власти и местного самоуправления, общественных объединений, природоохранных и социально ориентированных некоммерческих организаций, учреждений образования, науки и культуры, государственных и частных предприятий, эксперты и специалисты различного уровня в вопросах экологического воспитания, образования и просвещения, педагоги общего и дополнительного образования Приморского края, экологические инициативные группы и активисты, деятельность которых связана с различными аспектами, касающимися вопросов развития экологического образования и повышения экологической культуры, а также представители СМИ.

Первый экофорум (15.04.2022 г.) включал два мероприятия:

1. Краевой совет экспертов и специалистов в области экологического воспитания, обучения и просвещения. На совете обсуждались итоги деятельности и приоритетные задачи Краевой межведомственной комиссии по экологическому образованию, просвещению и воспитанию экологической культуры в Приморском крае в вопросах повышения экологической культуры обращения с твердыми коммунальными отходами. Активно обсуждались во-

просы о разработке Концепции по формированию экологической культуры населения Приморского края до 2030 г.

2. Семинар повышения квалификации специалистов органом МСУ, средних общеобразовательных школ, экологических активистов в вопросах проведения мероприятий экологического воспитания, обучения и просвещения. На семинаре рассматривались вопросы реализации планов Приморского экологического оператора по отдельному сбору твердых коммунальных отходов с учетом задач экологического просвещения и экологической культуры, участия Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Приморского края во всероссийских и международных проектах. Рассмотрено множество аспектов эколого-просветительской работы со школьниками, представлен инновационно-методический опыт формирования экологической культуры школьников. Отдельное внимание уделено исследовательским проектам школьников по ресурсосбережению и биоразнообразию. Ряд организаций (БСИ ДВО РАН, Приморский океанариум) представили презентации своих ресурсов и возможностей для реализации эколого-просветительской работы. Были рассмотрены вопросы по организации мероприятий по охране окружающей среды, экологическому просвещению, образованию и информированию населения г. Владивостока.

Все спикеры отметили, что экопросвещение и формирование экологического сознания граждан относятся к важнейшим механизмам охраны окружающей среды и регулируются в Приморском крае законом «Об экологическом образовании, просвещении и воспитании экологической культуры», принятым в 2020 г.

Второй Приморский экологический форум включал два мероприятия (14.12.2022):

1. Расширенное заседание межведомственной комиссии по экологическому образованию, просвещению и воспитанию экологической культуры в Приморском крае.

2. Семинар повышения квалификации в вопросах организации и проведения мероприятий, направленных на повышение экологической культуры, в том числе в вопросах обращения с твердыми коммунальными отходами для специалистов, ответственных за реализацию партийного проекта «Чистая страна» и экологических мероприятий в муниципалитетах Приморского края [7].

На расширенном заседании были подведены итоги деятельности по экологическому образованию, просвещению и воспитанию экологической культуры в Приморском крае за 2022 г. и внесены предложения для формирования повестки деятельности на 2023 г. Были представлены доклады, касающиеся обращения с отходами в Приморском крае и вытекающие из этого задачи повышения экологической культуры обращения с ТКО, оценки разработки и принятия органами местного самоуправления комплексных планов по развитию экологического воспитания, обучения и просвещения 2022–2024 гг. Обсуждались итоги совещания с представителями муниципальных органов

образования, общеобразовательных школ и с представителями краевых учреждений профессионального образования по вопросу расширения экологического образования, просвещения и воспитания экологической культуры в области обращения с твердыми коммунальными отходами. Рассмотрены вопросы обеспечения дальнейшего проведения на системной основе мероприятий, направленных на экологическое образование, просвещение и воспитание экологической культуры. Отдельно освещались вопросы, касающиеся экологического образования и просвещения молодежи с использованием конкурсных и проектных инструментов, развития молодежных экологических инициатив в студенческой среде. На примере «Сихотэ-Алинского государственного природного биосферного заповедника имени К. Г. Абрамова» и Национального парка «Земля Леопарда» рассмотрены проблемы обращения с отходами на особо охраняемых природных территориях Приморского края и населенных пунктах, прилегающих к ним, а также предложения по их решению с помощью экопросвещения населения. Много внимания уделено проведению экологических праздников, тематических мероприятий по сохранению биоразнообразия.

На второй части Экофорума – семинаре повышения квалификации – были представлены доклады, связанные с развитием экологического партийного проекта «Чистая страна», формированием отрасли обращения с твердыми коммунальными отходами, отдельным сбором и различными способами решения проблем с отходами.

Участники форума обменялись лучшими практиками Приморского края по реализации всероссийских и международных проектов в сфере повышения экологической культуры и просвещения, мероприятий по охране окружающей среды, информированию населения г. Владивостока. Отдельно рассмотрены вопросы организации эколого-просветительской работы со школьниками, новых возможностей региональной системы дополнительного образования детей естественнонаучной направленности в Приморском крае, мотивации студентов экологического профиля к научно-исследовательской деятельности. Обсуждались перспективы использования ресурсов Приморского океанариума, цифровых лабораторий центра «Точка роста», Ботанического сада-института ДВО РАН, Детского технопарка «Кванториум» г. Владивостока в организации экологических исследований и проектов, воспитании экологической культуры.

Как отмечается многими специалистами в области экологического образования и просвещения, необходимо существование преемственной связи экологического образования и просвещения от дошкольного до вузовского и послевузовского обучения, а также стремление самого человека к экологическому самообразованию, просвещению и повышению уровня личной экологической культуры. В этом контексте приведенный в статье положительный опыт говорит о том, что Приморский экологический форум стал не только хорошей коммуникативной площадкой для обмена мнениями специалистов в

этой сфере, но и выработки совместных решений в области экологического образования, реализации совместных мероприятий и проектов [8].

#### **Библиографический список**

1. Шкаликова У. О. Экологическое просвещение: становление, сущность и принципы // Амурский научный вестник. 2015. № 4. С. 141–150.
2. Вишнев А. А. Экологическое образование в интересах устойчивого развития // Modern science. 2022. № 4–1. С. 307–313.
3. Борисова Т. В., Виноградова Е. Ю. Философские основания экологической этики // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 2. С. 75–78. doi: 10.25750/1995-4301-2009-2-075-078
4. Ахмедова Л. Ш., Гаджиев А. А., Гусейнова Н. О. Системный подход как научная парадигма естественно-научного познания // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 222–227. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-222-227
5. Захаров В. М., Колесова Е. В. Роль профессиональных коммуникаций в развитии экологического образования и просвещения // Экологическое образование в интересах устойчивого развития: шаг в будущее (Москва, 26–27 июня 2014 г.) : материалы и доклады. М. : Изд-во МНЭПУ, 2014. С. 140–145.
6. Ярусова С. Б., Вшивкова Т. С., Иваненко Н. В. Организация Международного экологического форума как средство выработки стратегических направлений в области охраны окружающей среды в Азиатско-Тихоокеанском регионе // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров : ВятГУ, 2022. С. 122–125.
7. 14 декабря 2022 г. в Правительстве Приморского края состоялся Второй Приморский экологический форум экспертов и специалистов в области экологического воспитания, обучения и просвещения [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosekoakademia.ru/news/14-dekabrya-2022-g-v-pravitelstve-primorskogo-kрая-sostoyalsya-vtoroj-primorskij-ekologicheskij-forum-ekspertov-i-specialistov-v-oblasti-ekologicheskogo-vospitaniya-obucheniya-i-prosveshheniya/> (дата обращения: 22.03.23).
8. Кузнецов Е. Г. Экологическое образование и просвещение как основа экологической культуры общества // Сборники конференций НИЦ Социосфера. 2014. № 11. С. 112–114.

### **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ВОСПИТАНИЕ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ**

*И. Н. Кузменко, И. В. Тапорчикова*

*Белорусско-Российский университет, fisbru@tut.by*

В статье рассмотрены проблемы, задачи, цели, основы экологического образования и воспитания, формирования экологического мировоззрения, сознания и самосознания, экологического долга и ответственности, экологического поведения в образовании и всех сферах деятельности человека.

Ключевые слова: экология, образование, воспитание, формирование, окружающая среда.



Экологическое образование и воспитание – неотъемлемая составляющая учебно-воспитательной работы во всех учреждениях образования Республики Беларусь.

Главными целями экологического образования являются воспитание с первых лет жизни гуманной социально активной личности, способной понимать, любить окружающий мир и природу и бережно относиться к ним, формирование базовой системы ценностей по отношению к окружающему миру.

Экологическое образование в Белоруссии охватывает все сферы деятельности человека. Оно направлено на профессиональную подготовку специалистов различных специальностей и должно осуществляться в комплексе с учетом научно обоснованных методических требований и принципов, один из которых всеобщность. Принцип всеобщности означает, что экологическое образование и воспитание должны охватывать все общество с учетом индивидуальных особенностей (возраст, образовательный ценз, состояние психики, в частности темперамент, интересы и стимулы различных социально-профессиональных категорий населения). Еще один принцип – комплексность экологического образования и воспитания. Он имеет методические и правовые (юридические) аспекты.

Экологическое образование, претендуя на самостоятельную образовательную область, имеет ряд особенностей: новое понимание целей и показателей эффективности образования, гуманизации и технологии, ориентаций на решение глобальных проблем. Сегодня в этом направлении развивается и содержание экологического образования в высших учебных заведениях, оно достигается по мере решения следующих задач:

- образовательных – формирование системы знаний об экологических проблемах современности и путях их разрешения;

- воспитательных – формирование мотивов, потребностей и привычек экологически целесообразного поведения и деятельности, здорового образа жизни;

- развивающих – развитие системы интеллектуальных и практических умений по изучению, оценке состояния и улучшению окружающей среды своей местности.

Формирование нового типа сознания студента, которое можно назвать экологическим, осуществляется в процессе обучения и воспитания. Именно экологическое образование играет ведущую роль в осознании проблем окружающей среды, способствует установлению рационального и бережного отношения к ней. Экологическое воспитание в учреждениях образования призвано закрепить поведенческие нормы, естественно регулирующие взаимоотношения человека и природы [1].

Критериями сформированности осознанного и активного гуманного отношения к природе являются следующие:

- понимание необходимости бережного и заботливого отношения к природе, основанного на нравственно-эстетическом и практическом значении для человека;

– освоение норм поведения в природном окружении и соблюдение их в практической деятельности и в быту;

– проявление активного отношения к объектам природы (действенной заботы, умения оценить действия других людей по отношению к природе).

Экология становится частью глобального способа мышления человека, его способности понимания взаимосвязи между собой, обществом и природой в планетарном масштабе. Разрешение экологических проблем становится предметом не только одной науки, но и политики, экономики, образования, нравственности.

Тем самым экологическое образование не является механическим добавлением к содержанию общего образования. По своей гуманистической значимости оно обеспечивает связь общего образования с новыми явлениями в современной жизни, что делает его органической новой частью системы непрерывного образования в целом.

Рассматривая экологические проблемы современного общества Республики Беларусь как проблемы психолого-педагогические, следует выбрать адекватные пути их решения, одним из которых является формирование новых отношений между человеком и природой на основе экологического сознания. Такая задача предусматривает разработку новых стратегий в системе охраны природы во всех сферах. Основными особенностями экологической подготовки в системе общего университетского образования являются:

– формирование экологического мировоззрения, получение глубоких системных знаний и представлений об основах устойчивого развития общества и природы;

– формирование навыков многостороннего рассмотрения проблем окружающей среды, комплексного подхода к решению экологических задач на основе междисциплинарных знаний из всех областей современной экологической науки;

– психолого-педагогическая подготовка студентов к экологическому образованию всех слоев населения;

– всестороннее развитие личности, включая ее познавательные, творческие и эмоциональные способности;

– развитие активности студентов в области охраны окружающей среды.

Процесс экологического образования должен быть непрерывным и всеобщим, чтобы каждый гражданин мог участвовать в процессе охраны окружающей среды.

Содержательной основой экологического образования являются экологические предметы, которые охватывают вопросы существования жизни на Земле и устойчивого развития человечества.

Функцией общеобразовательной области «экология» является становление ответственного отношения учащейся молодежи к окружающей природной среде и здоровью человека на основе воспитания экологического сознания, мышления и экологически компетентного поведения [2].

Экологическое образование в области окружающей среды является приоритетным направлением в решении задач охраны окружающей среды и рационального природопользования и одной из главных задач национальной системы просвещения. Основной целью экологического образования Республики Беларусь выступает формирование экологического мышления и убежденности личности, которые и определяют активную позицию в сфере охраны окружающей среды и природных ресурсов.

Для достижения поставленной цели необходимо комплексное решение следующих задач:

- внедрение в массовое сознание идеи ответственности человека за качество окружающей среды;
- воспитание экологически культурного человека;
- формирование у каждого члена общества осознанного отношения к окружающей среде.

Экологическое образование студентов высших учебных заведений имеет первостепенное значение, и его необходимо поднять на принципиально новый уровень. Экологическая грамотность должна стать всеобщей, так как полноценную защиту окружающей среды может обеспечить только всё население государства. Только через развитие экологического сознания обеспечиваются защита среды обитания человека и гармонизация взаимоотношений общества и природы.

#### **Библиографический список**

1. Маврищев В. В. Основы общей экологии : учеб. пособие. Мн. : Выш. шк., 2005. 416 с.
2. Киселев В. Н. Основы экологии : учеб. пособие. Мн. : Універстэцкае, 2000. 383 с.

### **РАЗВИТИЕ ИДЕЙ СРЕДОВОГО ПОДХОДА К ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ ПРОСВЕЩЕНИЮ РОССИЙСКИХ ШКОЛЬНИКОВ В 1990–2000-Х ГГ.**

*А. А. Нестерова*

*Ульяновский государственный технический университет,  
a\_saushkina@mail.ru*

В статье раскрыт теоретический аспект построения экологической образовательной среды в процессе экологического просвещения российских школьников в 1990–2000-х гг. Автором проанализированы существовавшие подходы к определению её структуры и основные компоненты: предметно-пространственный, социальный, технологический.

Ключевые слова: экологическое просвещение школьников, средовой подход, экологическая образовательная среда школы.

На протяжении 1990–2000-х гг. непрерывно развивалась сфера экологического просвещения школьников: совершенствовались подходы к пониманию его ключевых функций, трансформировалось содержание, проектировались технологии его реализации. Это было обусловлено рядом причин. Во-первых, экологическое просвещение не могло оставаться неизменным, поскольку это направление образовательной деятельности являлось ответом на глобальный цивилизационный социально-экологический вызов. В этой связи отличительной чертой экологического просвещения в России в 1990–2000-х гг. была его ориентированность на достижение целей устойчивого развития общества и природы. Во-вторых, экологическое просвещение не могло не реагировать на трансформации, происходившие в системе образования, проявлявшиеся в смене методологических, технологических, аксиологических ориентиров.

Общепризнанной целью экологического просвещения тех лет, включавшего формальное, неформальное и информальное образование, считалось формирование экологической культуры соотечественников. В 1990–2000-х гг. различные аспекты методологии, теории и методики экологического просвещения школьников пополнились работами Н. Ф. Виноградовой, М. В. Емельяновой, С. Д. Дерябо, Е. Н. Дзятковской, А. Н. Захлебного, И. Д. Зверева, В. М. Корсунской, А. В. Миронова, Л. В. Моисеевой, А. А. Плешакова, И. Т. Суравегиной, В. А. Ясвина и многих других.

В педагогической литературе изучаемого периода особое место занимали работы, посвящённые применению средового подхода к экологическому образованию школьников как одного из направлений экопросвещения. Среда рассматривалась исследователями как важнейший ресурс формирования личности, отражавший требования и потенциальные запросы общества [1–3]. Под экологической образовательной средой было принято понимать систему прямых и косвенных факторов влияния и условий формирования и развития экологической культуры личности, а также возможностей обратного влияния этой личности на окружающую среду [4].

Существовали разные подходы к пониманию образовательной среды, на основе которых был разработан целый ряд моделей: эколого-личностная модель (В. А. Ясвин), антрополого-психологическая модель (В. И. Слободчиков), коммуникативно-ориентированная модель (В. В. Рубцов), психодидактическая модель (В. П. Лебедева, В. А. Орлов, В. А. Ясвин и др.).

Значительное внимание систематизации этих подходов уделялось в трудах В. И. Панова, предложившего авторский экопсихологический подход к разработке модели образовательной среды, согласно которому развитие человека в процессе обучения рассматривалось через призму системы «человек – окружающая среда». В. И. Панов рассматривал образовательную среду как систему «педагогических и психологических условий и влияний, которые создают возможность как для раскрытия еще не проявившихся интересов и способностей, так и для развития уже проявившихся способностей и личности учащихся, в соответствии с присущими каждому индивиду природ-

ными задатками и требованиями возрастной социализации» [5]. Предложенная В. И. Пановым экопсихологическая модель образовательной среды была созвучна с эколого-личностной моделью В. А. Ясвина [3].

Суть этих моделей сводилась к тому, что:

– во-первых, деятельность субъектов образовательных отношений, организованная с помощью разнообразных дидактических форм, методов, средств оказывает влияние на достижение образовательных результатов (деятельностный или психодидактический компоненты);

– во-вторых, в структуру образовательной среды непременно включены все участники образовательных отношений (коммуникативный или социальный компоненты), то есть субъекты образовательных отношений, в процессе межличностного взаимодействия которых непосредственно или опосредованно достигаются образовательные результаты;

– в-третьих, физическое окружение, в котором протекает образовательный процесс, имеет явные и скрытые потенциалы в процессе формирования образовательных результатов (пространственно-предметный компонент).

Так в ходе экологического образования школьников *технологический компонент образовательной среды* предполагал сочетание различных форм организации образовательного процесса (аудиторная учебная работа, экскурсии, научно-исследовательская работа, культурно-досуговая, добровольческая внеучебная деятельность) с применением всего актуального для того времени арсенала педагогических методов и приёмов (лекция, учебная дискуссия, опрос, проектная деятельность, посещение музеев, производств, составление литературных обзоров, картотек, памяток, методы экологической психопедагогики, кейс-стади и т. п.), а также традиционных и инновационных дидактических средств, включая демонстрационные материалы, учебную и справочную литературу, натуральные объекты, информационно-коммуникационные средства и т. д.

*Социальный компонент образовательной среды* в ходе экологического образования школьников понимался как взаимодействие обучающихся, преподавательского коллектива, внешнего социума (сотрудники музеев и иных культурных учреждений, некоммерческих организаций, благотворительных фондов, люди, входящие в круг неформального общения обучающихся и т. д.). Межличностное взаимодействие организовывалось по поводу учебного содержания, подготовки и реализации экологоориентированных исследовательских, просветительских, культурно-досуговых, волонтерских проектов, акций и т. п.

*Предметно-пространственный компонент образовательной среды* в процессе экологического образования школьников представлял собой совокупность физических предметных и пространственных факторов (внутришкольных, локальных или региональных), которые создавали условия для реализации необходимых и возможных действий и поведения всех участников образовательных отношений: учебные аудитории, лаборатории, библиотеки, медиacentры, учебные площадки подведомственных организаций и/или базо-

вых кафедр, музеи, досуговые центры, производства и пр. Кроме того, потенциально значимым пространственным компонентом образовательной среды в контексте экологического образования являлось природное окружение: ландшафты, местная флора и фауна, климатические особенности территории и т. п.

Таким образом, в 1990–2000-х гг. идеи средового подхода нашли отражение в теории и практике экологического просвещения школьников и внесли вклад в решение задач, связанных с формированием экологической культуры подрастающего поколения.

Выводы, содержащиеся в исследованиях тех лет, могут быть использованы при проектировании систем экологического просвещения школьников на разных уровнях: национальном, региональном, местном и/или на уровне образовательной организации.

#### **Библиографический список**

1. Евстифеев А. В. Исторические аспекты реализации средового подхода в педагогической науке // Вестник Военного университета. 2010. № 3. С. 31–34.
2. Мануйлов Ю. С. Средовой подход в воспитании : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.01. М., 1997. 300 с.
3. Ясвин В. А. Образовательная среда: от моделирования к проектированию. М. : Смысл, 2001. 365 с.
4. Роговая О. Г. Экологосообразная образовательная среда : монография. СПб. : ТЕССА, 2006. 107 с.
5. Савенков А. Образовательная среда // Школьный психолог. 2008. № 20. [Электронный ресурс]. – URL: [http://psy.1september.ru/view\\_article.php?id=200802001](http://psy.1september.ru/view_article.php?id=200802001) (дата обращения: 19.03.2023).

### **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ УЧАЩИХСЯ СЕЛЬСКИХ ШКОЛ ПОСРЕДСТВАМ РАБОТЫ РЕСУРСНОГО ЦЕНТРА ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ**

*А. В. Алехно, Н. М. Дайнеко*

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,  
alya.alexno.98@bk.ru*

В статье представлен опыт работы по формированию экологической грамотности у школьников в процессе обучения посредством эффективной работы ресурсного центра эколого-биологического профиля. Показаны результаты работы ресурсного центра по выявлению у подрастающего поколения мотивации к овладению экологическими знаниями и формированию экологической культуры через работу объединения по интересам.

Ключевые слова: ресурсный центр, экологическое воспитание, экологическая культура, экологическая грамотность, объединение по интересам.

Экологическое воспитание представляет собой систематическую педагогическую деятельность, направленную на развитие экологической образованности и воспитанности детей, накопление экологических знаний, формирование умений и навыков деятельности в природе, пробуждение высоких нравственно-эстетических чувств, приобретение высоконравственных качеств и твёрдой воли в осуществлении природоохранной работы. В процессе экологического воспитания формируется экологическое сознание как важная составная часть мировоззрения школьников [1].

Из этого следует, что экологическое воспитание в современной школе должно охватывать все ступени образования. Знаниями по экологии, как теоретическими, так и практическими, должны обладать все.

Во всем мире большое внимание уделяется экологическому воспитанию, формированию экологической культуры и охране окружающей среды. В настоящее время экологизация воспитательной работы школы стала одним из ключевых направлений работы системы школьного образования.

Первоочередной задачей школы является не столько получение определенного объема теоретических знаний, сколько способствовать приобретению навыков научного анализа явлений природы, практической деятельности, осмыслению взаимодействия общества и природы, осознанию значимости своей практической помощи природе [2].

Наше государство делает все необходимое для развития непрерывного экологического воспитания учащихся. В Государственной программе развития образования Республики Беларусь на 2021–2025 годы одним из путей решения проблем малокомплектных школ определено создание опорных школ – ресурсных центров [3].

Ресурсный центр экологического воспитания – это структурное подразделение учреждения образования, обеспеченное педагогическими кадрами, на базе которого осуществляется интеграция и концентрация педагогических, информационных, интеллектуальных ресурсов образования [4].

Для разработки основ экологического воспитания на базе государственного учреждения образования «Рассветовская средняя школа Октябрьского района», начиная с 2019 года, был создан и успешно функционирует ресурсный центр по экологическому воспитанию. Исследования эффективности его работы проводили в 2021–2022 учебном году.

Для выявления роли ресурсного центра в экологическом воспитании учащихся сельских школ были выбраны 30 учащихся. 15 из которых посещают объединение по интересам «Юный эколог» (экспериментальная группа (эг)) – 15 человек и 15 человек не посещали объединения по интересам (контрольная группа (кг)).

С целью выявления первичных знаний было проведено анкетирование на диагностическом этапе. Вопросы анкеты были разделены на 6 блоков:

Блок 1 – общая (теоретическая) экология;

Блок 2 – биоэкология;

Блок 3 – геоэкология;

Блок 4 – экология человека и социальная экология;

Блок 5 – прикладная экология;

Блок 6 – экологическое право.

В анкетировании принимали участие 30 учащихся.

Результаты проведенного анкетирования по выявлению первичных знаний представлены на рисунке 1.

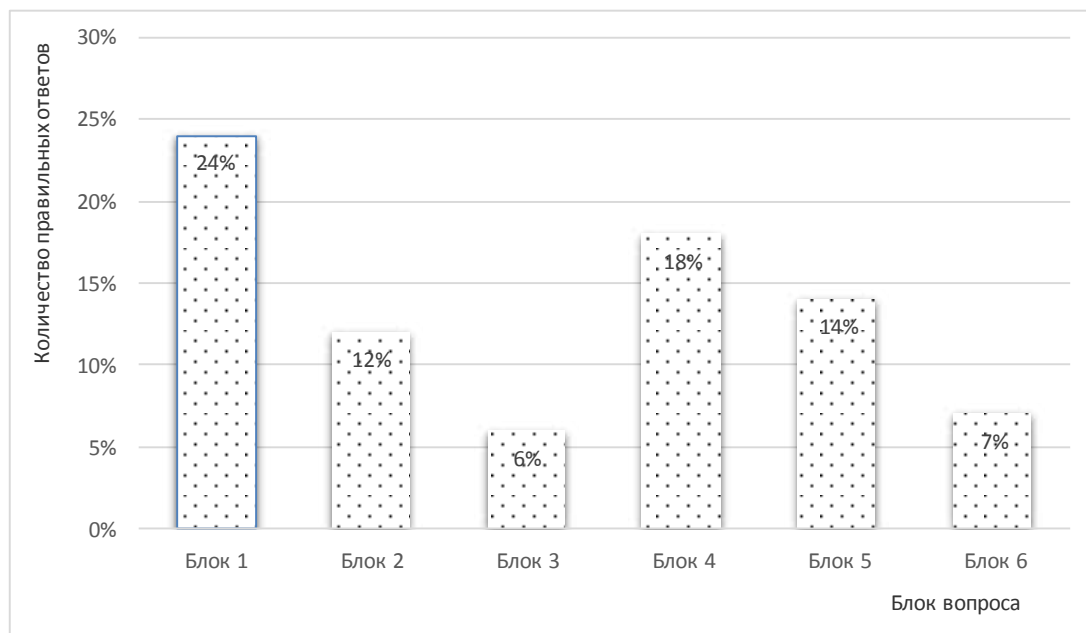


Рис. 1. Результаты оценки первичных знаний

Согласно представленным данным, можно сделать вывод о том, что учащиеся обладают достаточно слабыми знаниями об окружающей среде. Очень низкие познания оказались в вопросах по геоэкологии (6 %) и экологии права (7%). Возможно, это связано с большим объемом информации, сложностью воспроизведения и усвоения материала. Более высокий результат был зафиксирован в блоке вопросов № 1 – общая (теоретическая) экология. Поскольку общая экология изучает закономерности размещения живых организмов в пространстве, изменения численности организмов и т.п. Такие изменения хорошо фиксируются визуально и есть возможность проанализировать различные ситуации на практике.

Развитие экологического воспитания в ресурсном центре проводится через работу объединения по интересам «Юный эколог» с максимальным использованием возможностей внеурочной деятельности, которая реализуется через:

1. Экскурсионную деятельность.
2. Участие в районных, областных и республиканских конкурсах экологической направленности.
3. Проведение внеурочных мероприятий, в том числе на базе школьного музея «Спадчына», в котором создана экспозиция «Природа».



4. Организацию социально значимых акций, экскурсий, походов, проведение работы по благоустройству пришкольной территории, населенного пункта.

Экологическое воспитание реализуем также через тесное сотрудничество с Рассветовским лесничеством. На счету нашего лесничества много хороших дел: участие в посадке леса, закладывании лесного питомника, озеленении нашего агрогородка.

По окончании работы ресурсного центра по экологическому воспитанию у учащихся было проведено очередное тестирование по результатам усвоения знаний, полученных в рамках работы объединения по интересам «Юный эколог».

Во время работы ресурсного центра учащиеся и учителя неуклонно следовали тенденции формирования нравственно-экологической культуры, увлекая своим задором и любознательностью всё большее количество ребят.

И как следствие, в данном направлении работы мы достигли определённых результатов (рис. 2). Учащиеся, которые посещали объединения по интересам в рамках работы ресурсного центра (экспериментальная группа), показали более глубокие и устойчивые знания в области вопросов об окружающей среде, нежели учащиеся, которые центр не посещали (контрольная группа).

Целенаправленная систематическая работа по формированию экологического воспитания школьников, способствует значительному повышению знаний и экологической культуры школьников.

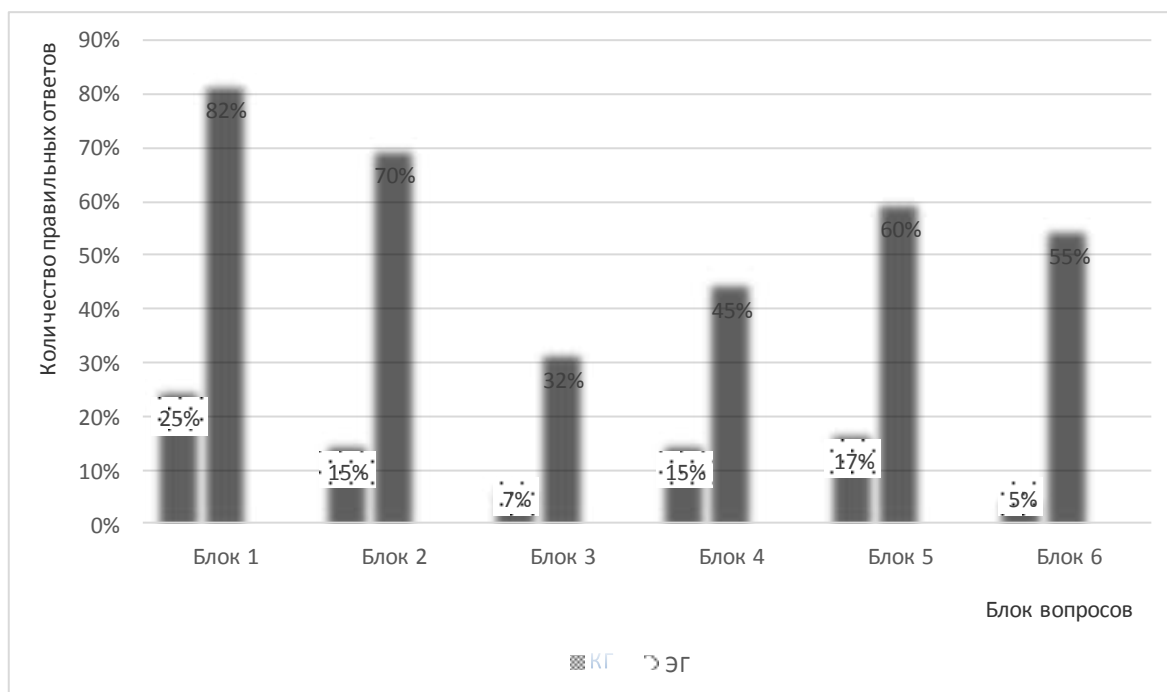


Рис. 2. Сравнение знаний по вопросам окружающей среды между контрольной группой и экспериментальной группой

Таким образом, экологическое воспитание школьников – это приоритетное направление работы в современной школе, конечной целью которого является формирование нравственно-экологической культуры.

#### **Библиографический список**

1. Моисеев Н. Н. Экология и образование. М. : «ЮНИСАМ», 1996. 192 с.
2. Зверев И. Д., Суравегина И. Т. Экологическое образование школьников. М. : Педагогика, 1983. 160 с.
3. Государственная программа «Образование и молодежная политика» [Электронный ресурс]. – URL: <https://edu.gov.by/gosudarstvennaya-programma-obrazovanie-i-molodezhnaya-politika/> (дата доступа: 13.05.2022).
4. Анкуда С. Н. Ресурсные центры и их роль в образовании. Некоторые принципы организации // Актуальные вопросы профессионального образования = Actual issues of professional education : тезисы докладов II Междунар. науч.-практ. конф. Минск, 2019. С. 21–22.

### **РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА УРОКАХ БИОЛОГИИ И ВО ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*З. М. Бикчурова<sup>1</sup>, И. Т. Гайсин<sup>2</sup>, М. Р. Валиев<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> МБОУ «Старошаймурзинская СОШ» Дрожжановского района  
Республики Татарстан, [zulfiyabik@mail.ru](mailto:zulfiyabik@mail.ru)*

*<sup>2</sup> Институт управления, экономики и финансов  
Казанского (Приволжского) федерального университета,  
[Marat.ValievTGGPU@yandex.ru](mailto:Marat.ValievTGGPU@yandex.ru)*

В статье представлен процесс формирования экологической компетентности учащихся на уроках биологии и во внеурочное время. Определены способы и методы формирования экологической культуры и экологической грамотности обучающихся. Использование информационных технологий способствует реализации принципа индивидуализации обучения, столь необходимого для одаренных учащихся, при подготовке к олимпиадам.

Ключевые слова: экологическое образование, экологическое воспитание, презентация, цифровизация, информатизация.

Для формирования современного общества большое значение имеет экологическое образование и экологическое воспитание. От экологической воспитанности общества зависит состояние окружающей среды в будущем. Формирование экологической культуры обучающихся происходит в образовательной школе. Именно там формируются основы мировоззрения, происходит формирование ценностно-смысловой сферы личности. В современных условиях цифровизации образования актуальным становится процесс формирования экологической компетентности учащихся.

Экологическая компетентность как интегративная характеристика личности включает экологические знания; представления о характере и нормах взаимодействия человека с окружающей средой; представления о природе как важнейшей ценности; готовность, умение решать экологические проблемы; опыт участия в практических делах по сохранению и улучшению состояния окружающей среды; экологически значимые личностные качества (гуманность, бережливость, «экологическая» ответственность за результаты деятельности) [1].

В условиях цифровой образовательной среды организацию учебной и внеурочной деятельности в формировании экологической компетентности обучающихся можно рассматривать как инновационную деятельность в работе современного учителя. Одной из составляющих инновационных технологий является инфраструктура, включающая информационные средства. Наблюдается информатизация образования как новейшая тенденция развития цифрового образования. В данных условиях необходимо вводить в образовательный процесс электронные образовательные ресурсы и информационно-коммуникативные технологии (ИКТ).

В своей работе мы применяем ИКТ в различных направлениях: при проведении уроков, при организации проектной деятельности учащихся, внеклассных мероприятий, при подготовке учащихся к олимпиадам, ОГЭ и ЕГЭ. На протяжении многих лет на разных этапах учебно-воспитательного процесса и в разных формах используются презентации. Они позволяют оптимизировать учебный процесс, делают урок более интересным и высокопродуктивным.

Интерактивные средства обучения предоставляют уникальную возможность школьникам для самостоятельной творческой и исследовательской деятельности. Обучающиеся получают возможность самостоятельно учиться. Информационные технологии (ИТ) не только облегчают доступ к информации и открывают возможности вариативности учебной деятельности, ее индивидуализации и дифференциации, но и позволяют по новому организовать подготовку старшеклассников к сдаче ЕГЭ и ГИА.

Использование ИТ во внеклассной работе дает возможность для повышения мотивации обучения, индивидуальной активности, формирования информационной компетенции, свободы творчества, интерактивности обучения. Компьютерные технологии обучения и контроля становятся основой инновационных образовательных технологий, поскольку позволяют реализовать индивидуальные запросы обучающегося, обеспечивают развитие личности [2].

Использование информационных технологий способствует реализации принципа индивидуализации обучения, столь необходимого для одаренных учащихся, при подготовке к олимпиадам. Предметная олимпиада по экологии и биологии – это одна из форм внеурочной деятельности, в которой школьники состязаются друг с другом и демонстрируют свои знания и умения по предмету [3].

Школьные олимпиады по биологии и экологии стали неотъемлемой составной частью учебной работы в школе. Они позволяют стимулировать интерес обучающихся к предмету и объективно оценивать уровень знаний. Это не только проверка образовательных достижений учащихся, но и познавательное, эвристическое, интеллектуально-поисковое соревнование школьников в творческом применении знаний, умений, способностей, компетенций по решению нестандартных заданий и заданий повышенной сложности.

При подготовке к олимпиадам по экологии и биологии рекомендуем обучающимся использовать следующие интернет-источники: Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов – <http://school-collection.edu.ru>; Открытый колледж: Биология – <https://college.ru/pedagogam/index.html>; Анатомия человека в иллюстрациях – <http://www.anatomus.ru>; Энциклопедия растений – <http://www.greeninfo.ru>; Вся биология – <http://www.sbio.info>; Портал Всероссийской олимпиады школьников – <http://www.rosolymp.ru>.

Интернет несёт большой потенциал образовательных услуг: электронная почта, поисковые системы, вебинары, видеолекции и уроки становятся составной частью современного образования. Информационные технологии выступают в качестве инструментов для решения экологических вопросов в условиях цифровизации образования.

Информационные технологии помогают продемонстрировать явление в динамике, передать учебную информацию определенными порциями, выполняя функции источника и меры, также стимулируют познавательные интересы учащихся, позволяют проводить оперативный контроль и самоконтроль результатов обучения.

Экологическое воспитание в современных условиях должно быть ориентировано на формирование экологической компетентности, а также способностей владеть информационными технологиями и умений применять их в сфере деятельности экологической направленности.

#### **Библиографический список**

1. Ващенко О. Л. Олимпиадные задания по биологии. Волгоград : Изд-во «Учитель», 2016. С. 3.
2. Гагарин А. В. Экологическая компетентность личности: психолого-акмеологическое исследование. М., 2011. С. 160.
3. Красильникова В. А. Информационные и коммуникационные технологии в образовании. М. : ООО «Дом педагогики», 2006. С. 46.

## ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ МОЛОДЕЖИ ЧЕРЕЗ ЭКОТУРИЗМ НА ПРИМЕРЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ТЕБЕРДИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

*А. Е. Липкина<sup>1</sup>, Т. Н. Багрова<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Российский государственный гидрометеорологический университет,  
lina.lipkina.01@mail.ru*

<sup>2</sup> *Тебердинский национальный парк, tatyana-bagrova@mail.ru*

В статье представлен обзор стратегии развития экологического туризма на территории Тебердинского национального парка, целевой категорией для которой выступает молодёжь. А также рассмотрены ее задачи, основные составляющие, предполагаемый результат и промежуточные итоги.

Ключевые слова: экологическое сознание, экологическая культура, экологопатриотическое воспитание детей и молодёжи, непрерывное экологическое образование, Тебердинский национальный парк.

В современном мире все чаще поднимается тема повышения экологической культуры общества, в основе которой лежит отношение каждого отдельного человека к окружающей природной среде – его экологическое сознание [1]. В данной статье проведена оценка эффективности экотуризма, как одного из методов формирования экологического сознания. Исследование проводилось на основе данных отдела экопросвещения Тебердинского заповедника (с 16 августа 2021 года переведен в статус национального парка).

Двадцать первый век стал тем временем, когда человечество сделало большой рывок в сторону формирования экологической культуры. Однако стоит отметить, что глобальная цель – создания экологически ответственного общества, еще не достигнута. Для формирования экоцентрического типа экологического сознания у современной молодежи важно создать благоприятную среду. Однако живя в «каменных джунглях» сложно понять, в чем заключена ценность природы и как правильно с ней взаимодействовать. Возможность прикоснуться к естественной природной среде осуществляется на территории Тебердинского национального парка посредством экотуризма. Это направление имеет более высокий суммарный положительный эффект с точки зрения экологического воспитания [1–6].

По исследованию П. Н. Аксариди большинство жителей России имеют антропоцентрический тип экологического сознания, для которого характерно потребительское отношение к природным ресурсам и природе в целом [1]. Гражданами общества с развитой экологической культурой суждено стать современной молодежи, так как согласно научным трудам А. Н. Леонтьева основные этапы формирования сознания происходят в период с 7 до 18 лет, а согласно Г. К. Ушакову примерно с 9 до 22 лет. Что, в общем, соответствует установленным в РФ возрастным рамкам для молодежи 14–35 лет [2–4].

Стратегия развития экологического туризма в Тебердинском национальном парке стала одной из первых среди ООПТ России и получила положительные отзывы и оценку, что нашло отражение в Постановлении Правительства Карачаево-Черкесской Республики: «О развитии экологического туризма в КЧР», (2001 г). В настоящее время стратегия развития экологического туризма на территории Тебердинского национального парка продолжает осуществляться и совершенствоваться сотрудниками отдела экологического просвещения. Привлечение к экотуризму молодежи в Тебердинском национальном парке осуществляется в основном за счет обновления современным оборудованием достаточно развитой инфраструктуры и разработки экопросветительских программ ориентированных на молодежь [7].

Для детей в возрасте от 6 до 17 лет на территории заповедника действует экологические летние лагеря «Лесной кордон» и «Лесная сказка». Школьный возраст захватывает два важных этапа формирования экологического сознания: с 7 лет начинается активное изучение окружающего мира и формируется понимание взаимосвязей в нем; а в период с 13–16 лет происходит осознание и укрепления собственных взглядов и позиций. В этот период развития очень важно задать правильные ориентиры, заложить основы понятия окружающей среды и помочь сформировать собственные взгляды на отношения в системе «человек и природа». Экологический лагерь является частью эколого-просветительской программы Тебердинского национального парка уже более 20 лет. В течение трех смен, проводимых в летний сезон, лагерь принимает около 300 детей. Большая часть школьников приезжает из Краснодарского края, Ростовской и Московской областей. В перспективе опыт работы лагеря будет расширен, путем привлечения дополнительного контингента педагогов на летний период и увеличения количества участников и смен.

Для формирования экологической культуры среди молодежи от 18 до 35 лет свою работу осуществляет региональный эколого-просветительский Визит-Центр. В этом возрасте основы экологического сознания уже сформированы, этот период подходит для расширения и дополнения уже имеющихся знаний. Посредством семинаров и конференций, проводимых на базе Тебердинского национального парка, происходит презентация научно обоснованного современного видения взаимоотношения человека с природой. В Визит-Центре используется современное презентационное оборудования, создана интерактивная экспозиция, позволяющая визуализировать предоставляемую информацию.

Помимо деятельности Визит-Центра взаимодействие с обозначенной возрастной группы осуществляется путем предоставления возможности участия в волонтерских программах. Для молодежи желающей посетить национальный парк в качестве туристов предусмотрены 5 жилых «Домов Лесника» общей вместимостью до 150 человек [2, 3, 7].

Важной задачей является оценка оптимального уровня туризма и разработка стратегии, ведущей к достижению этого уровня.

Согласно данным, собранным методистом экологического просвещения – В. В. Саркисяном, при организации заповедника в 1936 г. его территорию посещало уже достаточно большое количество туристов. Популярность Домбая и Теберды продолжала расти вместе с заповедником, в 70–80 гг. поток туристов достигал до 500 тыс. человек в год. В кризисный постперестроечный период посещаемость Теберды, Домбая, Архыза резко снизилась. В период возрождения с 2000-х гг. посещаемость туристов и экскурсантов составила около 50–200 тыс. человек в год. В 2016 г. количество экскурсантов приблизилось к 500 тыс. человек (рис.). Прослеживается тенденция увеличения туристского потока, однако до 90% рекреантов являются посетителями только популярного туристического комплекса «Домбай» и курортных территорий г. Теберды и п. Архыз. Остальная территория для рекреации практически не используется [7].



Рис. График туристический поток Тебердинского заповедника за 39-летний период, по данным В. В. Саркисяна

Результатом реализации стратегии развития экотуризма на территории Тебердинского национального парка станет формирование современного высокоэффективного экотуристического комплекса, способствующего к привлечению интереса молодежи к экологической обстановке и в дальнейшем обеспечит конструктивный диалог общества и природы.

#### Библиографический список

1. Аксариди П. Н. Экологическое сознание и экологическая культура – единственно верный путь к решению экологических проблем // Полимагис. 2017. № 8. С. 8–13.
2. Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. М. : Политиздат, 1977.
3. Ушаков Г. К. Детская психиатрия. М. : Медицина, 1973. 392 с.
4. Федеральный закон от 30 декабря 2020 г. № 489-ФЗ «О молодежной политике в Российской Федерации».

5. Кузьменко Ю. В. Формирование экологического сознания студентов средствами экологического туризма // Проблемы формирования ценностных ориентиров в воспитании сельской молодежи : материалы науч.-практ. конф. Тюмень : Ризограф, 2014. С. 300–301.

6. Тебердинский национальный парк [Электронный ресурс]. – URL: <https://tgpbz.ru/teberdinskij-natsionalnyj-park/> (дата обращения: 15.02.2023).

7. Саркисян Ю. В. Проект стратегии развития экологического туризма на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) подведомственных Тебердинскому государственному природному биосферному заповеднику, 2018.

## **ЭКСКУРСИЯ НА ПАМЯТНИК ПРИРОДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ «СКАЛИСТЫЙ ЯР» (НОВООРСКИЙ РАЙОН)**

*Д. С. Савенкова*

*Самарский государственный социально-педагогический университет,  
savenkova.d@sgspu.ru*

В статье рассматривается значение экологической экскурсии на памятник природы регионального значения «Скалистый Яр» в формировании и развитии экологической культуры обучающихся. Данный природный объект является интересным местом для экскурсии, так как характеризуется разнообразным почвенным и растительным покровом, также расположен близко к населенному пункту, что удобно для изучения.

Ключевые слова: памятник природы, экскурсия, экологическая культура, экологическое обучение.

Одной из важнейших форм экологического образования является экскурсия. Согласно Н. М. Верзилину, школьная экскурсия – это форма учебно-воспитательной работы с классом или группой обучающихся, проводимая вне школы с познавательной целью при передвижении от объекта к объекту в их естественной среде или искусственно созданных условиях [1].

Место разработанной экскурсии – памятник природы регионального значения Оренбургской области «Скалистый Яр». Это геологический памятник природы, который представляет собой левобережный обрыв берега р. Урал. Он расположен на западной и северо-западной окраине п. Скалистого, возвышается над рекой почти на 40 метров [2]. Памятник природы является эффектной ландшафтно-видовой точкой. Утёс на р. Урал в п. Скалистом – это опорный разрез зилаирской свиты фаменского яруса верхнего девона и турнейского яруса нижнего карбона. Поверхностные горные породы представлены конгломератами, полимиктовыми песчаниками и алевролитами. Так как эти осадочные терригенные породы относятся к каменноугольной системе (карбону), их возраст составляет 285–350 млн лет. Территория находится на востоке Оренбургской области и входит в состав Южно-Зауральской (Урало-Тобольской) высокоравнинной степной провинции, подзоны северной сте-



пи, Суундук-Жарлинский округа, Суундук-Ириклинский плакорно-увалистого района, а также принадлежит к такой структурно-геологической зоне Оренбургской области, как Магнитогорский прогиб [3].

«Скалистый Яр» представляет собой интересный экскурсионный объект по нескольким причинам: памятник имеет разнообразный почвенный и естественный растительный покров, хорошо заметные и удобные для изучения обнажения горных пород и пересеченный рельеф, в целом не сложный для прохождения. Это согласуется с требованиями по выбору района проведения экологических краеведческих экскурсий [4]. Скалистый утёс расположен в придолинно-плакорном типе местности, который характеризуется ровными и слабоволнистыми склонами, пригодными для изучения школьниками.

Разнообразие почвенного покрова обуславливается тем, что памятник природы целиком лежит в зоне аллювиальных почв, сложенных из нескольких различных подтипов аллювиальных дерновых насыщенных почв [3]. «Скалистый Яр» находится в степной зоне, подзоне типичной степи, которой соответствуют типчаково-ковыльные степи, а на возвышенных участках р. Урал произрастает пойменный лес [5]. Ведущие семейства флоры (по количеству видов): Мятликовые (*Poaceae*), Астровые (*Asteraceae*), Мотыльковые (*Fabaceae*), Норичниковые (*Scrophulariaceae*), Ивовые (*Salicaceae*). Также зарегистрированы представители семейств Мареновые (*Rubiaceae*), Луковые (*Alliaceae*), Спаржевые (*Asparagaceae*), Гвоздичные (*Caryophyllaceae*), Розовые (*Rosaceae*), Яснотковые (*Lamiaceae*), Вязовые (*Ulmaceae*). Анализ флоры показал, что преобладающие экологические группы – это ксерофиты (60% видов), мезофиты (30%), мезо-ксерофиты (5%), ксеро-мезофиты (5%). Экскурсия позволит учащимся познакомиться с основными семействами, изучаемыми в школьном курсе биологии.

При подготовке к экскурсии изучены литературные материалы, карты, фотографии района экскурсии, правила безопасного поведения на природе, которые учитель должен обсудить с обучающимися. Помимо этого, перед походом на памятник природы с учащимися необходимо уточнить перечень краснокнижных растений, чтобы при сборе гербария не брать их в коллекцию. На территории «Скалистого Яра» произрастают два вида растений внесённых в Красную книгу Оренбургской области: ковыль красивейший – *Stipa pulcherrima* С. Koch – 1 категория и гвоздика уральская — *Dianthus uralensis* Korsh. – 3 категория [5].

В начале экскурсии учитель проводит вступительную беседу, в которой кратко напоминает сведения о «Скалистом Яре», о его геологическом строении, почвенном и растительном разнообразии. Также целесообразно будет обратить внимание обучающихся на экологические проблемы памятника природы. Растительный покров Скалистого утёса на протяжении многих лет подвергается антропогенному воздействию (пожары, загрязнение бытовым и строительным мусором, выпас домашнего скота). Почва сильно подвержена эрозии и дефляции. По оценкам Чибилёва А. А., Чернякова А. А., Павлейчика В. М. [6], экологическое состояние естественной геологической среды при-

родного ландшафта неблагоприятное, проявление экзогенных процессов составляет 5–25 %, геоэкологические условия долины р. Урал в этом месте не защищённые.

Второй этап экскурсии – самостоятельная работа школьников. Класс делится на несколько групп. С помощью специальных заданий ученики изучают геологическое строение, рельеф, почву, растительность природно-территориального комплекса, взаимосвязи между отдельными компонентами природно-территориального комплекса, закладывают и описывают почвенные разрезы и ботанические площадки.

Последний этап экскурсии – оформление отчёта. В процессе написания отчёта обучающиеся систематизируют полученные во время экскурсии знания. На последующих уроках каждая группа представляет свой отчёт.

Экскурсия правомерно считается важным элементом образовательного процесса школьников, используемом в учебной и учебно-исследовательской деятельности [7, 8]. Благодаря экологическим экскурсиям в обучающихся воспитывается бережное отношение к природе, чувство ответственности за сохранения природных богатств нашей страны и формируется активная природоохранная позиция.

#### **Библиографический список**

1. Верзилин Н. М. Общая методика преподавания биологии. М. : Просвещение, 1983. 384 с.
2. Геологические памятники природы Оренбургской области / А. А. Чибилёв, Г. Д. Мусихин, В. П. Петрищев, В. М. Павлейчик, Ж. Т. Сивохиц. Оренбург : Оренбургское книжное изд-во, 2000. 400 с.
3. Чибилёв А. А. Природное наследие Оренбургской области. Оренбург : Оренбургское книжное изд-во, 1996. 384 с.
4. Ильина В. Н., Макарова Е. А. Изучение природно-территориальных комплексов во время школьных экскурсий. Самара : СГСПУ, 2019. 38 с.
5. Красная книга Оренбургской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. Воронеж : ООО «МИР», 2019. 488 с.
6. Чибилёв А. А. Географический атлас Оренбургской области. М. : ДИК, 1999. 96 с.
7. Абакумов Е. В., Саксонов С. В., Ильина В. Н. Почвенно-ботанические экскурсии по Самарской Луке и северо-востоку Самарской области: перспективы создания региональной Красной книги почв // Известия Сам. НЦ РАН. Т. 10. № 5/1, 2008. С. 63–67.
8. Чернышова И. Е., Ильина В. Н. Разработка паспорта экологического маршрута по памятнику природы «Грековский лес» (Самарская область, Российская Федерация) для проведения экскурсий со школьниками // НАУКА — ПРАКТИКЕ. Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (Барановичи, 19 мая 2022 года). В трех частях. Ч. 1. Барановичи : БарГУ, 2022. С. 152–153.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОПРОСТРАНСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТРОПЫ С ЦЕЛЬЮ УСИЛЕНИЯ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ

*И. А. Жуйкова, В. В. Тумина*

*Вятский государственный университет, Zhuikova@yandex.ru*

В статье представлена краткая характеристика наиболее интересных экологических троп региона, рассмотрены возможности применения пространства экологической тропы для развития практико-ориентированной деятельности обучающихся в условиях городских территорий.

Ключевые слова: геопространство, экологическая тропа, практико-ориентированная деятельность.

В современном образовании заложен принцип формирования экологической культуры школьников и бережного отношения к природе и миру в целом. Экологическая культура как одна из самых фундаментальных общечеловеческих ценностей, заключается в осознанно правильном отношении к природе во всем её многообразии.

В основной школе география – это предмет, формирующий у обучающихся систему комплексных социально ориентированных знаний о Земле как планете людей, об основных закономерностях развития природы, о размещении населения и хозяйства, об особенностях и динамике основных природных, экологических и социально-экономических процессов, проблемах взаимодействия природы и общества, географических подходах к устойчивому развитию территорий [1].

Среди целей географического образования особо можно выделить «воспитание экологической культуры, соответствующей современному уровню геоэкологического мышления на основе освоения знаний о взаимосвязях в природных комплексах, об основных географических особенностях природы, населения и хозяйства России и мира, своей местности, о способах сохранения окружающей среды и рационального использования природных ресурсов» [2].

В системе современного образования в целом, и географического в частности, большую роль играют практико-ориентированные умения. Поэтому возникает закономерный вопрос: как и главное – где можно эти умения развивать?

Городская среда, как правило, не обладает достаточным количеством природных территорий, которые позволяют увидеть природу в её естественном состоянии. Поэтому одним из вариантов проведения занятий может стать географическое пространство экологической тропы.

В рамках внеурочной деятельности по географии и биологии, можно развивать экологическую культуру посредством организации и проведения учебных экскурсий по экологической тропе.

Экологическая тропа (учебно-туристическая тропа) – обустроенные прогулочно-познавательные маршруты, создаваемые с целью экологического просвещения населения через установленные по маршруту информационные стенды. Экологическая тропа играет важную роль в системе накопления каждым человеком личного опыта, новых знаний и экологически правильного взаимодействия с природой.

Существующие экологические тропы подразделяют по протяженности маршрута и назначению на познавательно-прогулочные, познавательно-туристические и учебные. Задачей экологических троп в рамках образовательной деятельности является расширение у школьников элементарных сведений об объектах, процессах и явлениях окружающей среды. Самыми короткими являются учебные экологические тропы. Их протяженность редко превышает пару километров, поскольку считается, что учебная экскурсия не должна занимать более трех часов. Такие тропы рассчитаны в первую очередь на школьников и студентов. Как правило, на маршруте посетители идут с проводником-экскурсоводом. Для самостоятельных посетителей тропа оборудуется указательными знаками, информационными стендами.

Проведённый анализ показал, что на территории природных ландшафтов Москвы создано 13 специально оборудованных экотроп, общей протяжённостью около 40 км [3]; в Санкт-Петербурге и окрестностях – существует 29 экологических троп.

География экологических троп г. Кирова и области достаточно скромна. Только 5 экологических троп наиболее известны среди населения. Кроме этого, существуют экотропы на базе образовательных учреждений (школ, техникумов, детских садов), но детальная информация о них отсутствует. Ниже представлена краткая характеристика наиболее интересных и оборудованных экотроп нашего региона, которые могут стать практическим источником географических и экологических знаний.

1. Экотропа «Заречный парк» в г. Кирове, создана в 1989 г., восстановлена в 2019 г., протяженность – 3 км [4].

2. На территории государственного природного заповедника «Нургуш» расположены 4 экотропы: «Заячья Поляна (2,5 км), «Здравствуй, бобр!» (7 км) «Тропа Йети» (0,5 км), «Полигон» – 9 км [5].

3. Экотропа «Вятская Швейцария», расположенная в природном заказнике «Пижемский», открыта в 2020 г. Состоит из двух маршрутов, общей протяженностью 8 км [6].

4. В Нолинском районе, по территории ООПТ «Медведский бор» в 2019 г. оборудована экологическая тропа, протяженностью 3,7 км которая познакомит с реликтовыми дюнами, карстовыми провалами, озером Чваниха (10 обзорных точек) [7].

5. Экотропа на территории памятника природы регионального значения «Дендропарк лесоводов Кировской области» в Нововятском районе г. Кирова. Здесь растут более 100 видов древесных и кустарниковых видов. Тип экотропы – просветительская, интерактивная.

Любая экологическая тропа обладает своим неповторимым геопространством, куда можно отнести: протяженность маршрута, наличие мест осмотра (смотровых площадок), определённый набор природных объектов доступных к осмотру, установленных по маршруту указателей и информационных стендов и т.д. Именно эти особенности, а также «базовые принципы» создания экологических троп – привлекательность, доступность, информативность, делают последние уникальным исследовательским объектом для учителя с учениками.

Экологическое воспитание начинается уже с первых шагов по экотропе: информационный стенд знакомит с правилами поведения.

На пространстве экологической тропы учитель совместно с учениками может реализовать следующие практико-ориентированные действия:

- познакомить обучающихся с такими методами как наблюдение, обучить навыкам ведения наблюдений в природе;
- обучить ориентированию в природной среде, проводить измерения на местности и картографическому методу (нанести маршрут на карту);
- проводить изучение отдельных компонентов природы (рельеф, растительность, почва, животный мир, озеро и др.);
- познакомить с типичными ландшафтами района;
- выполнить исследования (проектная деятельность);
- оценить воздействие человека на окружающую среду и многое другое.

Детальные программы учебных экскурсий и практических работ, наблюдений за живой и неживой природой, шкалы оценки за состоянием почвенно-растительного покрова, методы исследования и индикации загрязнения окружающей среды, обработки полученных в результате наблюдений материалов приведены в многочисленных работах [8–10].

Учебная экологическая тропа, где удачно сочетается овладение научными знаниями с личным участием в деятельности по защите и улучшению природной среды, а также совмещает экологическую и краеведческую направленность деятельности педагогического коллектива и учащихся школы, занимает особое место. И подтверждением этого являются проекты, разработанные школьными коллективами региона: экотропа «Зеленая линия» в Кирово-Чепецке [11], экотропы в окрестностях с. Новый Бурец Вятскополянского района Кировской области [12] и многие другие.

Тренд современного образования на практико-ориентированную деятельность предъявляет новые требования к политике сохранения окружающей среды, которая может реализовываться в деятельности по развитию сети экологических троп в условиях городских территорий. Одним из интересных и доступных для жителей г. Кирова может стать экологическая тропа в Ниж-

не-Ивкинской курортной зоне, окрестностях пос. Бурмакино, села Велико-рецкое и других интересных природных местах Вятской земли.

Таким образом, деятельность учащихся, организованная на примере посещения учебной экологической тропы предполагает овладение навыками культуры экологически грамотного поведения в природном окружении; позволяет не только ознакомиться с отдельными компонентами природы и особенностями родного региона, но и способствует расширению и углублению знаний по школьным предметам; учит на практике обрабатывать полученные знания и навыки, проводить полевые исследования, выявлять причинно-следственные связи; поддерживает высокий уровень мотивации к учёбе; развивает способность к исследовательской и проектной деятельности и расширяет кругозор по современным экологическим проблемам и путям их решения.

### **Библиографический список**

1. Примерная рабочая программа основного общего образования «География». М., 2021. [Электронный ресурс]. – URL: <https://fgosreestr.ru/oor/primernaia-rabochaia-programma-osnovnogo-obshchego-obrazovaniia-geografiia> (дата обращения: 18.03.2023).
2. Примерная рабочая программа основного общего образования. География (для 5–9 классов образовательных организаций). Москва, 2021. 113 с.
3. На природных территориях Москвы открыты экотропы [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mos.ru/news/item/111478073/> (дата обращения: 18.03.2023).
4. Экологическая тропа «Заречный парк» [Электронный ресурс]. – URL: <https://priroda.kirovreg.ru/press-center/events/ecological-path-zarechny-park/> (дата обращения: 18.03.2023).
5. Заповедник Нургуш: экологические тропы [Электронный ресурс]. – URL: <https://nurgush.org/ecotour/> (дата обращения: 18.03.2023).
6. В Кировской области открыли экологическую тропу «Вятская Швейцария». [Электронный ресурс]. – URL: <http://visitkirov.ru/news/1580/152/v-kirovskoj-oblasti-otkryli-ekologicheskuyu-tropu-vyatskaya-shvejtsariya/> (дата обращения: 20.03.2023).
7. Жемчужина, доступная всем [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vyatsu.ru/internet-gazeta/zhemchuzhina-dostupnaya-vsem.html> (дата обращения: 20.03.2023).
8. Алалыкина Н.М., Ашихмина Т.Я., Кондакова Л.В. Фенология и региональный экологический мониторинг : учебно-методическое пособие. Сыктывкар, 2004. 104 с.
9. Школьный экологический мониторинг : учебное пособие для учителей и учащихся / под ред. Т. Я. Ашихминой. М. : Агар: Рандеву-АМ, 2000. 385 с.
10. Экологический мониторинг : учебно-методическое пособие / под ред. Т. Я. Ашихминой. М. : Академический проект, 2002. 416 с.
11. Абрамочкина Ю. Л., Стрельникова В. В. Экологические тропы в окрестностях с. Новый Бурец Вятскополянского района Кировской области [Электронный ресурс]. – URL: [https://урок.рф/library\\_kids/ekologicheskie\\_tropi\\_v\\_okrestnostyah\\_s\\_novij\\_buretc\\_130033.html](https://урок.рф/library_kids/ekologicheskie_tropi_v_okrestnostyah_s_novij_buretc_130033.html) (дата обращения: 20.03.2023).
12. При поддержке «УРАЛХИМа» в лицее открыли «Экологическую тропу» [Электронный ресурс]. – URL: <https://vyatkakirov.ru/society/pri-podderzhke-uralhima-v-licee-otkryli-ekologicheskuyu-tropu> (дата обращения: 20.03.2023).

## ПРИРОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ КАК СРЕДСТВО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ

*Г. Г. Недюрмагомедов, К. Ш. Арсланханова*

*Дагестанский государственный педагогический университет,  
mgeorg@mail.ru*

В статье рассматриваются проблемы экологического воспитания школьников в условиях их взаимодействия с природой, и решаемые педагогической теорией и практикой задачи по сохранению природного наследия особо охраняемых природных территорий региона, которые требуют поиска эффективных путей обучения школьников бережному отношению к охраняемым природным территориям.

Ключевые слова: экологическое воспитание, природные объекты, охрана природы, природоохранная деятельность.

Актуальность «экологического воспитания» объясняется тем, что в XXI веке перед человечеством встала угроза «глобальной экологической катастрофы», причиной которой выступает противоречие между культурой, породившей технократическую цивилизацию, и законами природы, потребляющую которую, общество превысило возможности биосферы восстанавливать утраченное. Экологический кризис сегодня носит глобальный характер. Это привело к необходимости повышения эффективности экологического воспитания для спасения человечества и природы, основным направлением которого является – формирование «экологической культуры школьников», что требует переориентации системы образования на новую экогуманитарную парадигму, предполагающую приоритетность экологического и природоохранного знания [1–5].

Основной смысл экологического воспитания – осознание школьниками взаимосвязи и взаимозависимости «человека» и «природы», в формировании готовности оказывать положительное влияние на последствия глобального (и регионального) экологического кризиса. Значимость экологического воспитания обусловлена необходимостью глубокой переоценки ценностей, смысла человеческой деятельности.

Экологическое воспитание как важнейшее направление развития школьника в системе воспитания и как объект изучения педагогической науки имеет давнюю историю и отражено в работах зарубежных и отечественных педагогов однако остались недостаточно исследованными пути эффективного формирования «экологической культуры» как в процессе учебной, так и во внеучебной деятельности. Понятие «экологическое воспитание», несмотря на многочисленные исследования, все еще не имеет однозначного толкования.

Экологическое воспитание – непрерывный процесс воспитания и развития личности, ценностных ориентаций, нравственно-этических и эстетических отношений, обеспечивающих экологическую ответственность личности за состояние и улучшение окружающей среды [3].

Учитывая, что одним из направлений (граней) воспитания школьников основной школы является экологическое воспитание, направленное на усвоение школьниками-подростками той части человеческой культуры, тех элементов социального опыта (совокупности знаний, умений, навыков, чувств, убеждений, экологической и природоохранной деятельности), которые необходимы им для позитивного взаимодействия с природой, мы под экологическим воспитанием понимаем – «целенаправленный, системно-организованный педагогический процесс формирования системы экологических знаний, умений, навыков, установок, убеждений, нравственно-экологических качеств, обеспечивающих формирование и развитие ответственного отношения к природе как общечеловеческой ценности» [4].

На основе учета возрастных особенностей школьников подросткового возраста отметим, что данный период является одним из оптимальных относительно решения проблемы эффективного формирования экологической культуры личности, как цели современного экологического воспитания.

Задачами экологического воспитания школьников являются: расширение и углубление знаний учащихся о природе и деятельности человека; выработка у них навыков оценки состояния окружающей среды, своего поступка и поступка других; формировании и развитии умений реальной природоохранной и экологической деятельности.

При изучении школьниками естественнонаучных дисциплин, проблема взаимодействия природы и человека, в основном рассматривается без учета региональных особенностей: не акцентируется внимание на экологических особенностях региона, не рассматривается влияние социально-экономических, национально-исторических, социокультурных и этноландшафтных условий развития региона на его экологическую ситуацию. Поэтому школьники недостаточно владеют информацией об экологической ситуации в своем регионе, не готовы к ее сохранению. В «Конвенции об охране всемирного культурного и природного наследия» (ООН, 1972 г.), было обращено внимание на исчезновение «природного наследия» (природные объекты) особо охраняемых природных территорий, а также отмечалось, что охрана природного наследия на национальном уровне недостаточна.

Понятие «природное наследие» рассматривается в ст. 1 ФЗ «Об охране окружающей среды» как – «природные объекты, природные памятники, геологические и физиографические образования и строго ограниченные зоны, природные достопримечательные места, подпадающие под критерии выдающейся универсальной ценности и определенные Конвенцией об охране всемирного культурного и природного наследия».

Основной функцией «природного наследия» является – обеспечение устойчивости природной среды к внешним факторам, связанным с челове-



ской деятельностью. Природное наследие необходимо сохранять, тем самым одной из задач экологического воспитания является – охрана особо охраняемых природных территорий (они имеют и высокий уровень воспитательного потенциала – когнитивного, аксиологического, эстетического). Таким образом, объекты природного наследия Республики Дагестан (РД) важнейший инструмент экологического воспитания.

В Республике Дагестан своеобразной формой сохранения природного наследия являются – заповедники и заказники (особо охраняемые природные территории):

- природный заповедник «Дагестанский» (участки: «Кизлярский залив», «Сарыкумские барханы»);
- природные заказники: «Аграханский», «Самурский», «Тляртинский»;
- ботанический сад «Гунибское плато»;
- десять госзаказников республиканского значения («Каякентский», «Андрейаульский», «Касумкентский», «Янгиюртовский», «Хамаматюртовский», «Чародинский», «Бежтинский», «Тарумовский», «Кособско-келебский» и «Мелиштинский»).

Республика в силу разнообразия физико-географических условий богата уникальными природными объектами, условно их можно классифицировать по следующим группам: ботанические – 35, водные – 71, ландшафтные – 46, геоморфологические – 154, природно-исторические – 6.

Основными формами экологического воспитания школьников основной школы являются – занятия/уроки, экологические экскурсии, кружки, научно-исследовательская деятельность и практическая работа (экологические акции), которые реализуются как в школе, так и на особо охраняемых природных территориях.

1. Занятия / уроки. уроков – это взаимопроникновение знаний о взаимодействии общества и природы, экологических взаимодействиях разного уровня в современные области естественнонаучных и гуманитарных дисциплин. Экологизация учебных программ должна осуществляться при изучении большинства разделов биологии, химии, географии и физики (экологическое знание без ущерба для учебного процесса может быть введено в большинство учебных тем). Экологический материал в зависимости от целей обучения не должен заменять собой программное содержание дисциплин.

Экологизация обеспечивается с помощью обогащения фундаментальных экологических понятий; формирование знаний о научных методах природоохранной деятельности; возможности каждой учебной дисциплины в экологическом воспитании; усиление ценностных и нормативных компонентов содержания за счет обогащения текстов учебников материалом об универсальной ценности различных компонентов природной среды.

Экологизация школьных предметов позволяет формировать правильное предметное представление и отношение к природе и социальной жизни, применять полученные знания в комплексе [5].

2. Экологические кружки – это одна из внеурочной (систематической) формы деятельности школьников, направленная на расширение и углубление знаний по экологии (приобретенных на занятиях), органично дополняют основную образовательную программу, успешно объединяя осуществление функций обучения, воспитания и развития личности. Кружковая работа школьников по экологии, на базе ООПТ способствует: повышению интереса к изучению различных объектов и явлений природы, формированию первоначального опыта эстетического, эмоционально-нравственного отношения к природе, опыта участия в практической эколого-природоохранной деятельности, созданию и реализации коллективных природоохранных проектов [2, 5].

Школьники занимающиеся в экологическом кружке – узнают о реальных экологических проблемах: необходимости защиты неживой природы и почв от загрязнения, разрушения и истощения, сохранение многообразия видов организмов, охраны природы, как необходимого условия сохранения здоровья людей; о природе, как носительнице эстетических и материальных качеств, как среде обитания; у них формируются основы экологической культуры (которые включают: эмоциональную отзывчивость; интерес к природным объектам; стремление осуществлять с ними позитивные взаимодействия, учитывая их особенности; желание и умение заботиться о живом) и умения использовать экологические знания для предотвращения и устранения отрицательных для природы последствий деятельности человека.

3. Экологические экскурсии – это способ для получения экологических знаний, при посещении объектов ООПТ, по заранее определенной учителем теме. Экскурсии (мониторинг природных явлений, наблюдение за растениями и животными в разные сезоны, знакомство с природными объектами и явлениями и т.д.) стимулируют: навыки наблюдения; сенсорные способности (способность видеть различные признаки, включая оттенки цвета, пространственное расположение, разнообразие форм и т. д.); психические процессы (анализ, сравнение, обобщение; умения устанавливать связи, различные по характеру и степени сложности); воображение и творчество; проведение наблюдений за объектами природы.

4. Научно-исследовательская деятельность школьников – это деятельность учащихся под руководством учителя, связанная с решением творческой исследовательской задачи по экологической проблеме (с заранее неизвестным результатом и предполагающая наличие этапов, характерных для исследования в научной сфере). Это позволяет развивать – учебно-познавательный интерес, самостоятельность, систематизировать, обобщать и углублять знания в области экологии; применять их на практике.

5. Практическая работа – это вид самостоятельной работы по решению задач с целью проверки теоретически установленных фактов, зависимостей в конкретном случае, применения теоретических знаний на практике; дидактическое средство в виде комплекса заданий для организации самостоятельной познавательной деятельности учащихся с опорой на их личный опыт; самостоятельность в овладении новыми знаниями и способами деятельности.

Таким образом, одним из эффективных направлений экологического воспитания школьников по формированию экологической культуры, является использование различных форм экологического воспитания на базе особо охраняемых природных территорий (рядом с которыми находятся школы).

*Работа выполнена в рамках реализации Государственного задания Министерства просвещения Российской Федерации № 073-00081-23-03 на 2023 год по теме «Система непрерывного экологического образования, воспитания и просвещения в сохранении природного наследия особо охраняемых природных территорий региона».*

#### **Библиографический список**

1. Зверев И. Д. Цели природоохранительного просвещения в школе. Краеведческая работа в школе. М. : Просвещение, 1994. 154 с.

2. Недюрмагомедов Г. Г. Формирование экологической культуры как цель экологического образования старшеклассников // Вестник Ставропольского государственного университета. 2007. № 51. С. 105–111.

3. Суравегина И. Т. Общеобразовательные цели экологии в контексте концепции устойчивого развития // Экологическое образование: проблемы и перспективы : Межвузовский сб. науч. трудов. Нижний Новгород, 1998. 208 с.

4. Недюрмагомедов Г. Г. Экологическое воспитание учащихся дагестанской общеобразовательной школы // Актуальные проблемы воспитательной работы и молодежной политики в современном вузе : [Электронный ресурс] материалы I Междунар. науч.-методической конф., Витебск, 28–29 сентября 2021 г. / УО ВГАВМ; редкол.: Н. И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. Витебск : ВГАВМ, 2021. С. 82–84.

5. Недюрмагомедов Г. Г. Формирование экологических понятий в обучении биологии // Материалы IV Ассамблеи ассоциации университетов прикаспийских государств: образование, история, право, природные ресурсы и экология Каспийского моря (7–11 сентября 1999). Махачкала, 1999. С. 105–106.

### **ЦИКЛ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ «МИКРОМИЦЕТЫ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ» В СИСТЕМЕ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ**

*А. С. Кутищева, И. Д. Свистова, И. И. Корецкая  
Воронежский государственный педагогический университет,  
aleksa1819@bk.ru*

Предложен цикл лабораторных работ по изучению микромицетов для внеурочной деятельности разновозрастных групп школьников в рамках дополнительного образования. Формируется представление о черноземе как самом плодородном типе почвы. Понятие «биоиндикация» формируется при анализе чернозема, подверженного антропогенному воздействию.

Ключевые слова: внеурочная деятельность школьников, краеведческий аспект, лабораторные работы, микромицеты чернозема.

Согласно ФГОС на уровне среднего (полного) общего образования необходимо сформировать у обучающихся расширенные компетенции, среди ожидаемых предметных результатов по биологии:

– выделять существенные признаки биологических объектов (клеток и организмов растений, животных, грибов, бактерий) и процессов, характерных для живых организмов.

Среди ожидаемых метапредметных результатов можно отметить следующий:

– владеть основами исследовательской и проектной деятельности по изучению организмов различных царств живой природы.

Анализ различных программ по биологии показывает, что учебного времени явно недостаточно для выполнения таких задач. ФГОС вводит организацию внеурочной деятельности как обязательный элемент школьного образования. Именно внеурочная деятельность выступает одним из главных компонентов, которые формируют у школьников универсальные учебные действия, так как она является продолжением учебной деятельности [1].

Кроме того, внеурочная деятельность позволяет формировать и личностные результаты, в том числе:

– работать в группе сверстников при решении познавательных задач, связанных с теоретическими и практическими проблемами в области молекулярной биологии, генетики, экологии, биотехнологии, медицины и охраны окружающей среды.

Формы организации внеурочной деятельности весьма разнообразны, среди них выделяют экскурсии, круглые столы, научные общества, кружки и секции, поисковые и научные исследования, участие в конференциях. Работа может проводиться в школе в разновозрастных группах, но в организациях дополнительного образования общепринятой является форма работы школьников по разным биологическим направлениям в разновозрастных группах [1].

Важным направлением внеурочной деятельности является краеведение. Знание природных ресурсов родного края, его флоры и фауны лежит в основе формирования любви к малой родине, патриотизма и экологической культуры. Основным природным богатством Воронежской области являются черноземные почвы. К сожалению, в школьном курсе биологии практически не изучают почву как среду обитания, а о почвенной микробиоте сведений вообще нет. Высокое плодородие чернозема определяется именно деятельностью микробного сообщества, важной частью которого являются микроскопические грибы.

На кафедре биологии растений и животных Воронежского государственного педагогического университета в течение 25 лет проводят исследования по теме «Микробное сообщество чернозема в различных экосистемах». В научной работе участвуют бакалавры, магистранты и аспиранты кафедры. Работы по биоиндикации чернозема включены в практикум по микробиологии для студентов направления «Биологическое образование» [2, 3]. Опробованные методики по изучению численности, видового состава и морфологии

микробицетов чернозема студенты во время педагогической практики используют во внеурочной исследовательской деятельности учащихся общей школы.

Целью работы было совершенствование цикла лабораторных работ «Микробицеты черноземных почв» предназначенного для организации работы школьников по направлению Ландшафтный дизайн в Центре дополнительного образования г. Воронежа.

Секция Ландшафтный дизайн представляет собой форму внеурочной деятельности, основной целью которого является углубление полученных биологических знаний. Участвуют в работе секции учащиеся 5–11 классов разных школ города. Цикл лабораторных работ рассчитан на 108 часов, каждое занятие по 3 часа. По результатам работы проводятся обсуждения, в конце практикума можно подготовить совместный проект и представить работу на научной конференции. Ежегодно на естественно-географическом факультете ВГПУ проводится конференция школьников «От любви к природе – к культуре природопользования», где представляют доклады обучающиеся школ и дополнительных образовательных учреждений.

Сложность в подготовке цикла лабораторных работ заключалась с тем, чтобы заинтересовать детей разного возраста и разного уровня знаний, сделать методику и выводы понятными, а также обеспечить взаимодействие участников исследования. Известные руководства ориентированы на профессиональный уровень исследователей [4, 5].

В теоретической части занятий секции Ландшафтный дизайн обучающиеся знакомятся с особенностями почвы как среды обитания, подводят итоги изучения живых организмов по теме «Грибы», знакомятся с экологической ролью грибов в природе, с понятием «Биоиндикация антропогенного воздействия», а в практической части занятий овладевают навыками выделения и культивирования почвенных микробицетов.

Предлагаемый цикл представляет собой совокупность лабораторных работ, объединенных общей предметной областью и выполняемых в определенной последовательности.

Образцы почвы для занятий отбирали из природных местообитаний, удалённых от населенных пунктов, сельскохозяйственных объектов и автомагистралей. Это почва заповедников и памятников природы: Воронежского государственного природного биосферного заповедника, почвенно-ландшафтных заповедников Каменная степь и Стрелецкая степь, Ботанических садов ВГУ имени Б. М. Козо-Полянского и ВГАУ имени Б. А. Келлера. Образцы почвы, подверженной агрогенной нагрузке, отбирали в стационарных полевых опытах Воронежского государственного аграрного университета по внесению различных форм и доз минеральных и органических удобрений. Образцы почвы, подверженной техногенной нагрузке, отбирали в зоне влияния автотрассы федерального значения М4 «Дон», на территории г. Воронежа в разных категориях городских земель - селитебных, промышленных и транспортных зон.

Для демонстрации и в качестве эталона использовали музей чистых культур микромицетов чернозема кафедры биологии растений и животных ВГПУ, включающий 96 видов грибов, относящихся к 27 родам, 8 семействам, 3 классам.

Таким образом, внеурочная деятельность играет важную роль в образовательном процессе, создавая дополнительные условия для развития учащихся на протяжении всего периода обучения. Предложенный нами цикл лабораторных работ «Микромицеты черноземных почв» используется в системе дополнительного образования для углубления знаний о грибах, их роль в экосистемах, методах биоиндикации почвы, и ориентирован на формирование предметной компетентности школьников.

#### **Библиографический список**

1. Мазуренко С. В. Организация внеурочной деятельности в рамках ФГОС второго поколения. [Электронный ресурс]. – URL: [https://region56.ucoz.ru/load/organizacija\\_vneurochnoj\\_dejatelnosti\\_v\\_ramkakh\\_fgos\\_vtorogo\\_pokolenija\\_mazurenko\\_s\\_v/15-1-0-106](https://region56.ucoz.ru/load/organizacija_vneurochnoj_dejatelnosti_v_ramkakh_fgos_vtorogo_pokolenija_mazurenko_s_v/15-1-0-106) (дата обращения: 25.03.2023)
2. Свистова И. Д., Ершова А. Н. Практикум по микробиологии. Воронеж : ВГПУ, 2019. 86 с.
3. Свистова И. Д., Корецкая И. И., Назаренко Н. Н. Использование музея чистых культур микроорганизмов в исследовательской работе студентов // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. с междунар. участием конф. Книга 2. Киров : ВятГУ, 2021. С. 90–92.
4. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М. : Дрофа, 2010. 256 с.
5. Методы экспериментальной микологии / под ред. В. И. Билай. Киев : Наукова думка, 1982. 550 с.

### **ЗНАЧЕНИЕ РАЗОВЫХ ВНЕУРОЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ПОВЫШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ**

*Д. Д. Егоровых, А. С. Олькова*

*Вятский государственный университет, egorovyhdasha@gmail.com*

В статье представлены результаты сравнительной оценки уровня экологического образования студентов среднего профессионального образования, обучающихся в Колледже ВятГУ (г. Киров) по специальностям «Информационные системы и программирование» (1), «Экономика и бухгалтерский учет» (2), «Право и организация социального обеспечения» (3) и «Земельно-имущественные отношения» (4). Результаты показали, что студенты специальностей 1 и 3, не имеющих в учебном плане дисциплины «Экология», в 2,1 раза реже давали верные ответы по темам «Общая экология» и «Отходы» по сравнению со студентами специальностей 2 и 4, изучающих предмет. После экологически направленного внеурочного мероприятия количество верных ответов повысилось у всех студентов: по разделу «Общая экология» в

2 раза, по разделу «отходы» в 3 раза. Таким образом, разовые внеурочные мероприятия повышают уровень экологической грамотности у студентов непрофильных специальностей.

Ключевые слова: экологическое образование, студенты колледжа, экологическая культура, внеурочные экологические мероприятия.

Экологическое образование есть психолого-педагогический процесс, направленный на усвоение теоретически обоснованных и систематизированных знаний в сфере экологии; закономерностей единства общества и природы; практических знаний о навыках грамотного природопользования [1]. Целью экологического образования является усвоение индивидом знаний в области естественных, технических и общественных наук, связанных с особенностями взаимодействия общества и природы, и развитие умений понимать и оценивать воздействие на природную среду.

Так, у старшеклассников и студентов среднего профессионального образования желательное формирование основ экологической культуры, связанных, например, с обращением с отходами и рациональным использованием природных ресурсов. Эти знания культурный и образованный человек будет использовать в своей жизни. К сожалению, часто отсутствие выделенной дисциплины «Экология» в общеобразовательных школах приводит к недостаточной сформированности экологических компетенций.

Целью данной работы был сравнительный анализ знаний студентов среднего профессионального образования, обучающихся по четырем специальностям: «Информационные системы и программирование», «Экономика и бухгалтерский учет», «Право и организация социального обеспечения» и «Земельно-имущественные отношения».

Для достижения цели работы был проведен научно-образовательный эксперимент на базе Колледжа ВятГУ (г. Киров). Исследованиями было охвачено 80 обучающихся 4 разных специальностей: 2 – имеющие в учебном плане дисциплину «Экология» («Экономика и бухгалтерский учет» и «Земельно-имущественные отношения»), 2 – не имеющие такой дисциплины («Информационные системы и программирование» и «Право и организация социального обеспечения»).

Эксперимент состоял из трех этапов:

1 этап – констатирующий: на этом этапе была проведена первичная диагностика уровня экологического образования студентов, в том числе на примере обращения с отходами.

2 этап – формирующий: проведение внеурочных занятий для повышения уровня их знаний.

3 этап – контрольный: была осуществлена повторная диагностика уровня экологического образования и проведен анализ полученных результатов.

Анализ результатов констатирующего этапа исследования показал, что студенты, изучающие «Экологию», показали более высокие уровни знаний, чем студенты других специальностей. Так, если разделить приведенные вопросы на относящиеся к разделу общей экологии и обращению с отходами, то ситуация может быть отражена в виде диаграммы (рис. 1).

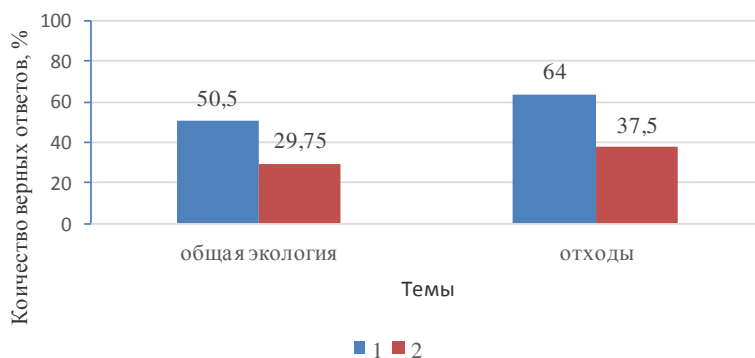


Рис. 1. Соотношение количества верных ответов по двум темам у студентов, изучающих дисциплину «Экология» (1) и не изучающих ее (2)

Согласно рисунку 1 уровень знаний в области обращения с отходами был выше, чем в области общей экологии как у студентов, изучающих «Экологию» (64%), так и тех, у кого этой дисциплины нет (37,5). На вопросы по общей экологии на этапе «входного» тестирования были получены достаточно низкие оценки: 50,5% верных ответов у студентов экологических специальностей и всего 29,8% у обучающихся другого профиля.

Даная ситуация потребовала перейти на второй экспериментальный этап – формирующий, который заключался в проведении краткой разъясняющей лекции по тем вопросам, на которые хуже всего ответили студенты всех четырех направлений. Были затронуты такие темы как «Особо охраняемые природные территории», «Правила поведения в лесу и его вырубка» и «Дефицит водных ресурсов». На рисунке 2 отражены результаты повторного тестирования, проведенного спустя неделю после мероприятия.

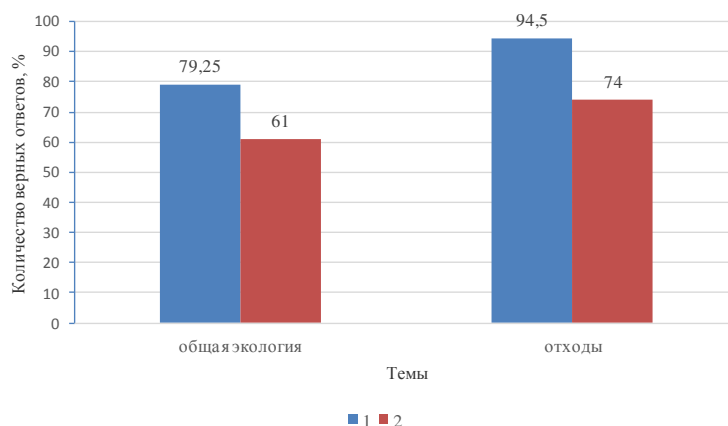


Рис. 2. Соотношение количества верных ответов после внеурочного по двум темам у студентов, изучающих дисциплину «Экология» (1) и не изучающих (2)



В результате реализации трех запланированных этапов научно-образовательного эксперимента были сделаны следующие выводы:

– в результате констатирующего этапа были выявлены низкие уровни знаний как у студентов, изучающих «Экологию», так и не имеющих такую дисциплину в учебном плане (55% и 32% соответственно);

– после проведения разового внеурочного мероприятия в форме лекции-беседы уровень знаний у всех студентов повысился более чем на 30%, что свидетельствует об эффективности таких мероприятий;

– современному обществу необходимы специалисты, обладающие экологическими компетенциями, поскольку рациональное природопользование и сохранение ресурсов имеет не только экологическое, но и социальное, а также высокое экономическое значение для общества и страны в целом.

#### **Библиографический список**

1. Горохов В. Л., Чилингаров А. И. Образование в области охраны окружающей среды : методическое пособие. Л. : Гидрометиздат, 1970. 40 с.

### **РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКОЛОГО-СОЦИАЛЬНОГО ПРОЕКТА «1000 И 1 КРЫШЕЧКА» В г. ИШИМЕ (ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

***Р. Б. Дробунин, К. К. Канапина***

*Ишимский педагогический институт им. П. П. Ершова (филиал)*

*Тюменского государственного университета,*

*romkadrobunin@gmail.com, karina.kanarina@bk.ru*

Описан студенческий эколого-социальный проект, направленный на формирование представления о переработке отходов и значении этого процесса для нормализации экологической обстановки.

Ключевые слова: переработка, рециклинг, экология, экологические акции, пластик, пластиковые крышечки, экологическое образование

Пластик является, пожалуй, самым распространенным в мире синтетическим материалом, он делает нашу жизнь проще и удобнее. Но в тоже время уже никто не оспаривает тот факт, что он наносит гигантский ущерб окружающей среде.

Установлено, что для полного разложения пластиковой бутылки под действием ультрафиолета и перепадов температур понадобится от 100 до 500 лет. Переработка решает эту проблему, но дешевый в производстве, пластик при переработке становится невыгодным для повторного использования с первоначальной целью. Главная проблема – сортировка, которую невозможно автоматизировать, поэтому основные расходы приходится на оплату труда сортировщиков [1]. Ученые видят выход в раздельном сборе отходов, но для этого у человечества и у каждого отдельно взятого человека должна быть

сформирована экологическая культура. Сейчас о ней говорят, как о необходимым нравственном качестве личности, ведь только личность с высоким уровнем экологической культуры способна вывести человечество из экологического кризиса [2]. Формирование экологической культуры – процесс длительный, огромную роль в этом играет ближайшее окружение человека, а особенно семья [3].

В решении проблемы пластикового загрязнения мы разделяем точку зрения В. В. Фроленок, что главное решение во фразе «Начни с себя» [4], поэтому принимаем активное участие в экологических акциях и просветительской деятельности, а также являемся организаторами экологических акций.

С 2018 г. в г. Ишиме Тюменской области реализуется эколого-социальный проект «Книга, которой не должно быть» [5]. В городе регулярно проводятся акции по сбору пластика, макулатуры, батареек. К примеру, в марте 2022 года в МАОУ СОШ №12 г. Ишима в рамках весеннего сбора пластика было собрано более 100 кг пластика, а в апреле 2022 г. в ИПИ имени П. П. Ершова студентами-энтузиастами было собрано около 150 кг пластика.

Мы заметили, что школы наиболее охотно отзываются на сбор батареек и пластиковых крышечек, поскольку это не требует больших площадей для хранения собранного вторичного сырья. Было принято решение выделить акцию по сбору пластиковых крышечек в отдельный проект.

Так, в сентябре 2022 г. был запущен проект «1000 и 1 крышечка». Его основной целью стало повышение экологической культуры у школьников, а также формирование представления о переработке пластика.

Главной отличительной чертой проекта стало то, что в награду за сбор пластиковых крышечек на переработку студенты профиля биология и география проводили в образовательных учреждениях игры, мастер-классы и квизы. Любая организованная группа (класс), собравшая 1000 и 1 крышечку, могла стать участником мероприятия «Праздник Крышечки» (табл.). Причем, для игры использовались крышечки, собранные этой же группой, а после мероприятия команда проекта сдавала крышечки на переработку.

*Таблица*

**Мероприятие «Праздник крышечки», игровые станции**

Название	Реквизит	Условия состязаний на станции
1	2	3
КрышкоБашня	Стол или любая ровная поверхность, 30 крышечек для каждого игрока, линейка	Использовать все крышечки, побеждает самая высокая башня, которая не падает в течение 1 минуты. Можно строить как индивидуально, так и группой. Количество набранных баллов определяется высотой башни в сантиметрах.
КрышкоМет	Сачки, 10 крышечек для каждого игрока	Играет два человека. У одного сачок, у другого крышечки. Сначала кидает один, а другой ловит, потом наоборот. Побеждает тот, кто поймал больше крышечек суммарно. Количество баллов определяется количеством «пойманных» крышечек.

Окончание таблицы

1	2	3
Сортировщик	Корзина с крышечками, более 500 штук, разного цвета, но не менее 20 штук красного, жёлтого, зеленого, синего, белого цветов, шапки соответствующих цветов	Игроки получают шапку определенного цвета. У ведущего емкость (шапка). На расстоянии не менее 5 метров стоит корзина с крышечками. Задача перенести в емкость все крышки своего цвета. Нельзя брать более одной крышечки за один подход. Ограничено по времени – 3 минуты. Вариант. Крышки носят палочками от суши. Ограничено по времени – 3 минуты. Количество баллов определяется количеством верно выбранных и перемещенных крышечек.
Скоро в школу	Стол, крышечки разных цветов, не менее 50, трафареты (рабочие листы)	Перед началом игры необходимо убедиться, что игрок знает цифры до пяти и различает цвета (зеленый, красный, синий, коричневый, оранжевый, голубой, желтый). После демонстрации правил игрок получает рабочий лист. 1 лист. Цепочка. Необходимо завершить цепочку из крышечек по алгоритму. 2 лист. Круги. Необходимо положить крышечки определенного цвета в указанном количестве в соответствующие круги. Количество баллов определяется количеством верно заполненных рабочих листов.
Сыщик Крышкин	Крышки не ярких цветов, среди которых пять уникальных	На ограниченной территории раскладываются крышки, задача игрока – найти указанную крышку за три минуты. Крышки могут быть перевернуты. Количество баллов определяется количеством найденных крышек.
Художник	Стол или любая ровная поверхность, крышечки разных цветов, более 200 штук. Основа рисунка	Подобрать крышечки соответствующих цветов к картинке. Ограничено по времени – 3 минуты. Можно придумать свою картинку (дополнительный балл). Количество баллов определяется количеством полностью заполненных основ рисунка.
Садовник	Стол или любая ровная поверхность, корзина с крышечками, более 500 штук, разного цвета	Побеждает тот, кто составит из крышечек больше всех цветков. У цветка должен быть стебель, лист и лепестки. Количество баллов определяется количеством составленных цветков.

За три месяца реализации проекта к нему присоединилось 810 человек. Это воспитанники МА ДОУ ЦРР д/с № 19 и МА ДОУ ЦРР д/с № 24 г. Ишима. Обучающиеся школ города МАОУ СОШ № 4, МАОУ СОШ № 5, МАОУ СОШ №7, МАОУ СОШ № 8, МАОУ СОШ № 12, МАОУ СОШ № 31, ОЧУ Ишимская православная гимназия имени Василия Мангазейского. Студенты ГАПОУ ТО «Ишимский медицинский колледж», ИПИ имени П. П. Ершова

(филиал) ТюмГУ. Взрослые – Клуб ветеранов и АСУ СОН ТО «Таловский психоневрологический интернат».

В ходе проекта проведено более 20 мероприятий и сдано на переработку 82,1 кг пластиковых крышечек.

Авторы выражают благодарность студентам ИПИ имени П. П. Ершова (филиал) ТюмГУ, 01ПО(2)21 БГ (611 группа) – Базылеевич Ольге Вячеславовне, Барабанщиковой Татьяне, Барковой Анастасии, Боровкой Алёне, Глазуновой Марии, Ивановой Евгении, Кожевникову Сергею, Макаровой Ульяне, Малдыбековой Камиле, Мельникову Константину, Няшиной Валерии, Олешко Александре, Пилюгиной Ангелине, Римшинной Анне, Шустиковой Татьяне за помощь в организации игр и мастер-классов.

Подробнее о мероприятиях можно узнать в постоянно действующей группе проекта – <https://vk.com/knigahelp>

Проект реализован при поддержке ПАО «СИБУР ХОЛДИНГ» в рамках программы «Формула Хороших Дел».

#### **Библиографический список**

1. Соколов Ю. И. Риски тотального пластикового загрязнения планеты // Проблемы анализа риска. 2020. № 3. С. 30–43.

2. Козловцева О. С. Пути формирования экологической культуры как необходимого компонента общей культуры личности // Зыряновские чтения : материалы XVII Всерос. науч. конф. Курган : КГУ, 2019. С. 233–235.

3. Козловцева О. С., Кадысева А. А. Отношение к проблеме утилизации отходов как продукт экологического воспитания в семье и школе // V Рождественские чтения : Межвуз. сб. науч.-метод. статей / под ред. Г. В. Сильченко. Ишим : Ишимский пед. ин-т имени П. П. Ершова (филиал) Тюменского государственного университета, 2018. С. 37–40.

4. Фроленок В. В. Как спасти планету от пластика или первый шаг в ответственное развитие // Бизнес-образование в экономике знаний. 2018. № 2 (10). С. 76–80.

5. Касьянова И. Е. Формирование экологической культуры школьников через проект «Книга, которой не должно быть» // Российская наука: актуальные исследования и разработки : сб. науч. статей VIII Всерос. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1. Самара : Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2019. С. 411–413.

Научное издание

ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ:  
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием  
24–25 апреля 2023 г.

Книга 2

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова  
Дизайн обложки: Ю. Д. Иванова

Вятский государственный университет,  
610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

Подписано к печати 21.04.2023. Формат 60 x 84/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Усл. п. л. 25,9. Тираж 35 экз. Заказ 18.

Отпечатано с готового оригинал-макета  
в типографии ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС».

610029, г. Киров, п. Ганино, ул. Северная, 49А. Тел. +7 912 828 45-11

E-mail: raduga-press@list.ru