



Материалы XIV Всероссийской научно-практической  
конференции с международным участием



ИБ Коми НЦ  
УРО РАН

## ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ: проблемы и пути их решения

Киров, 2019

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

XIV Всероссийской научно-практической конференции

с международным участием

16–18 апреля 2019 г.

Киров 2019

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

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

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

**Ответственный редактор:**

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

**Редакционная коллегия:**

**С. В. Дёгтева**, д-р биол. наук, **С. Г. Литвинец**, доцент, к. с.-х. н., **Т. Я. Ашихмина**, профессор, д-р техн. наук, **Л. И. Домрачева**, профессор, д-р биол. наук, **Л. В. Кондакова**, профессор, д-р биол. наук, **И. Г. Широких**, с. н. с., д-р биол. наук, **Е. В. Дабах**, доцент, канд. биол. наук, **Е. А. Домнина**, доцент, канд. биол. наук, **Г. Я. Кантор**, н. с., канд. техн. наук, **Т. И. Кутявина**, с. н. с., канд. биол. наук, **С. Ю. Огородникова**, доцент, канд. биол. наук, **С. В. Пестов**, н. с., канд. биол. наук, **С. Г. Скугорева**, н. с., канд. биол. наук, **Н. В. Сырчина**, с. н. с., канд. хим. наук, **А. С. Тимонов**, н. с., **С. В. Шабалкина**, доцент, канд. биол. наук.

Э 400 Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Киров, 16–18 апреля 2019 г.). – Киров: ВятГУ, 2019. – 348 с.

ISBN 978-5-98228-191-3

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

Значительное место в сборнике занимают материалы по изучению биологии и экологии растений, животных и микроорганизмов в изменяющихся условиях окружающей среды. Представлены работы по химии и экологии почв.

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

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

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

Конференция проводится в рамках Программы развития ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет».

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

ISBN 978-5-98228-191-3

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»  
(ВятГУ), 2019

# СОДЕРЖАНИЕ

## СЕКЦИЯ 1 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<i>Горячева Я. А., Савватеева О. А.</i> Городские леса: экологические проблемы, сложности управления и охраны .....	10
<i>Лелекова Е. В.</i> Экологическая тропа в особо охраняемой природной территории «Медведский бор» .....	15
<i>Топегина В. А., Ботязова О. А.</i> Комплексная оценка качества водопроводной воды Заволжского и Фрунзенского районов г. Ярославля .....	20
<i>Кужина Г. Ш., Азнабаева А. Х.</i> Пространственно-временная изменчивость содержания тяжелых металлов в атмосферном воздухе Хайбуллинского района Республики Башкортостан .....	23
<i>Даровских И. А., Фукс С. Л.</i> Оптимизация процессов очистки ртути содержащих сточных вод .....	26
<i>Кутявина Т. И., Порубова М. В., Ашихмина Т. Я.</i> Влияние природных и антропогенных факторов на качество воды рек Афанасьевского района Кировской области .....	29
<i>Мусихина Т. А., Рыбакова М. А., Четверикова Е. Д., Манылов А. Ю.</i> Оценка прибрежных территорий р. Люльченки как потенциального объекта рекреации.....	32
<i>Мусихина Т. А., Кацак Л. А., Кондратьев Д. А., Клиндухова А. Д.</i> Река Хлыновка как перспективный водный объект для создания ленточного парка в г. Кирове.....	34
<i>Мусихина Т. А., Папаева А. В., Шабалина О. А., Гарюгин Ю. А.</i> Река Люльченка в нижнем течении как часть природно-техногенной системы г. Кирова .....	38
<i>Прокашев А. М., Соболева Е. С., Матушкин А. С., Пупышева С. А.</i> К вопросу об особо охраняемых природных территориях Кировской области .....	41
<i>Рутман В. В., Кантор Г. Я.</i> Особенности спектров отражения борщевика Сосновского по данным с космического аппарата Sentinel-2 .....	47
<i>Горшкова А. Т., Урбанова О. Н., Горбунова Ю. В., Бортникова Н. В.</i> Мониторинговые исследования в бассейне р. Меша.....	50
<i>Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л., Ярославцев А. В.</i> Материалы к выделению особо охраняемой природной территории регионального значения в окрестностях д. Бакули (Слободской район Кировская область) ..	55
<i>Мусихина Т. А., Черникова Я. В., Юрлов А. А., Клиндухова А. Д.</i> Актуальность изучения воздействия отходов ТЭЦ на биологические объекты .....	58
<i>Клековкина Е. А.</i> Влияние промышленного загрязнения атмосферного воздуха и вырубки лесов на состояние лесных экосистем.....	62

<b>Мусихина Т. А., Самылов Н. А., Дождиков И. В., Шабардина Т. Н., Касаткина А. С.</b> Химические показатели качества почв и снега в микрорайоне «Квартал 119» г. Кирова .....	65
<b>Чибрик Т. С.</b> Изменчивость микроэлементного состава <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Rotch в зависимости от свойств субстрата .....	68
<b>Ёлкина А. В., Кантор Г. Я.</b> Повышение точности потенциометрического определения концентрации ионов аммония в пробах поверхностных вод .....	72

## СЕКЦИЯ 2

### МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ

<b>Хранилов Ю. П., Лобанова Л. Л., Еремеева Т. В., Захаров А. В.</b> Учет реакций комплексообразования при разработке технологий обезвреживания и утилизации отходов гальванических производств.....	76
<b>Аскерова С. А.</b> Новый метод оценки степени глубинной загрязненности морских вод .....	81
<b>Долинина Е. С., Адамович Т. А.</b> Изучение снегового покрова по данным дистанционного зондирования Земли на основе расчетного индекса .....	84
<b>Кургузкин М. Г., Кургузкин П. М.</b> Оценка загрязнения водных объектов на основе векторного критерия .....	86
<b>Джахидзаде Ш. Н.</b> Метод компенсации эффекта насыщения нормализованного дифференциального вегетационного индекса в дистанционном зондировании.....	89
<b>Рязанова Е. В., Фокина А. И.</b> Изучение динамики выхода ионов меди(II) из колонки с катионитом КУ-2-8 .....	93
<b>Абдулов Р. Н.</b> Параметрические вегетационные индексы для обработки данных дистанционного зондирования .....	96
<b>Пугачев Д. Е., Кострюкова Т. С., Затонский Г. В., Осин Н. С., Васильев Н. В.</b> Новые гетероциклические реагенты для иммунофлуоресцентного медико-биологического анализа .....	98
<b>Грищенко А. С., Ефанов В. М., Логинова О. Д., Свердлова Н. Д., Васильев Н. В.</b> Флуоресцирующие нанодисперсии для иммунофлуоресцентного анализа биозагрязнений .....	102
<b>Кулаков В. Н., Фокина А. И.</b> Влияние различных факторов на аналитический сигнал кобальта, получаемый методом инверсионной вольтамперометрии .....	104
<b>Веселова Е. В., Фокина А. И.</b> Оптимальное значение рН для определения токсичности растворов тетразолюно-топографическим методом .....	107

<b>Рыбочкин П. В., Ланцова Е. А., Понаморева О. Н.</b> Влияние гидрофобной добавки изобутилтриэтоксисилана на активность метилотрофных дрожжей <i>Ogataea polymorpha</i> ВКМ У-2559, иммобилизованных в золь-гель матрицу .....	111
<b>Мартынов М. В., Малышева А. В., Потапова И. А., Сырчина Н. В.</b> Оценка активированной фосфоритной муки различных месторождений методом биотестирования.....	114
<b>Соловьева Н. А., Сырчина Н. В.</b> Сравнительная оценка сорбционных свойств глауконита .....	119
<b>Таляр А. С., Маркова А. В., Камнева А. А., Кручинина Н. В., Петухова Е. С., Сырчина Н. В., Кутявина Т. И., Ашихмина Т. Я.</b> Изучение воздействия соединений хрома(III), свинца(II), кадмия, меди(II), цинка и азота в поликомпонентных системах на биометрические показатели проростков ячменя сорта «Новичок» .....	123
<b>Честикова Н. А., Фукс С. Л.</b> Изучение влияния состава дисперсной фазы на свойства композиционных электрохимических покрытий .....	127
<b>Гусейнова М. В.</b> Вопросы разработки нового динамического индекса качества окружающей среды для производственных помещений .....	131
<b>Бикташева Г. Х., Тельцова Л. З., Габидуллина Г. Ф., Хазиахметов Р. М.</b> Экологические проблемы и методы оценки состояния природных и трансформированных экосистем г. Ишимбай.....	134
<b>Макаренко З. П.</b> Применение проектных технологий в исследовательской деятельности Лицея естественных наук .....	137
<b>Баскин З. Л.</b> О необходимости непрерывного мониторинга процессов загрязнения воздуха.....	141

### СЕКЦИЯ 3 ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

<b>Винокуров А. Н., Кельдышев М. А., Вартан И. А., Прокашев А. М.</b> Об экологии педогенеза и свойствах подзолистых почв государственного природного заказника «Былина» .....	146
<b>Стародумова У. А., Вартан И. А., Прокашев А. М., Крысов А. А.</b> Почвы пуговых холмов палеоледниковой зоны Вятско-Камского Предуралья .....	151
<b>Горохова А. Г., Андреева М. И., Бодров А. В., Дурягина К. А.</b> К вопросу о содержании свинца, цинка, меди и никеля в серых лесных почвах Пензенской области.....	155
<b>Карпенко А. Ф.</b> Медь в почве сельскохозяйственных угодий Гомельщины.....	160
<b>Симонова О. А., Мусихина Т. А.</b> Изменение содержания кислоторастворимых соединений железа в дерново-подзолистой почве в условиях длительного стационарного опыта.....	165

<i>Зверева Н. А., Лопатина Д. Н., Белозерцева И. А.</i> Экологическое состояние почв Приольхонья в рекреационной зоне.....	169
<i>Стахурлова Л. Д., Стулин А. Ф., Богатикова Т. Н.</i> Агроэкологическое состояние черноземов выщелоченных в длительном опыте с удобрениями .....	173
<i>Дабах Е. В., Кислицына А. П., Семенов А. В.</i> Свойства почв Ботанического сада Вятской ГСХА.....	177
<i>Макимова Е. Н., Лопатовская О. Г., Гавриков Д. Е.</i> Экогеохимическое обследование почв Южной Якутии (Саха).....	181
<i>Акайкин Д. В., Петров А. М.</i> Интенсивность деструкционных процессов при естественной детоксикации и восстановлении экологического состояния нефтезагрязненной почвы .....	185
<i>Ажогина Т. Н., Гненная Н. В., Хаммами М. И., Сазыкин И. С., Сазыкина М. А.</i> Генотоксичность почв Ростовской области.....	188
<i>Александрова А. Б., Кулагина В. И., Иванов Д. В., Рязанов С. С., Маланин В. В., Марасов А. А., Паймикина Э. Е.</i> Особенности аллювиальных почв острова Песчаный Куйбышевского водохранилища как один из критериев включения его в состав особо охраняемой природной территории .....	190
<i>Симич А., Леонтьева А. С., Березин Г. И.</i> Изучение загрязнения почв г. Крушевац (Республика Сербия) тяжелыми металлами .....	193
<i>Пилип Л. В., Черных Г. И., Мелентьева И. А., Адамович Т. А.</i> Контаминация почвы органическими удобрениями.....	196
<i>Ушакова Е. С., Соловьёва Е. С.</i> Содержание органического вещества и кислотность почвы вблизи металлургического завода.....	200

#### СЕКЦИЯ 4 ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

<i>Емелев С. А., Помелов А. В., Черемисинов М. В., Дудин Г. П.</i> Влияние биопрепаратов на яровой ячмень Белгородский 100 .....	203
<i>Бурцева С. А., Бырса М. Н., Березюк Ю. Н., Васильчук А. В., Киселица Н. Н., Киселица О. А.</i> Биосинтетические особенности стрептомицетов, выделенных из различных черноземов Молдовы.....	208
<i>Вахрушева Н. Э., Люкина А. Л., Домрачева Л. И.</i> Состояние альго-микологических комплексов почв под различной растительностью г. Кирова .....	213
<i>Домрачева Л. И., Ковина А. Л., Малинина А. И., Люкина А. Л.</i> Антимикробная активность микромицета <i>Trichoderma</i> sp., выделенного из ризосферной почвы лютика ядовитого ( <i>Ranunculus sceleratus</i> ).....	217
<i>Безденежных К. А., Кондакова Л. В.</i> Альгофлора луговых экосистем в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» после прекращения его функционирования.....	219

<b>Симакова В. С., Люкина А. Л., Домрачева Л. И.</b> Сравнительная характеристика биомониторинговых возможностей бактерий и высшего растения в оценке состояния городских почв, загрязненных стоками автомойки .....	223
<b>Фокина А. И., Домрачева Л. И., Огородникова С. Ю., Трефилова Л. В., Вахмянина С. А., Трушников П. А.</b> Оценка влияния почвенной цианобактерии <i>Nostoc paludosum</i> на растения ячменя .....	227
<b>Малинина А. И., Домрачева Л. И., Ковина А. Л., Домнина Е. А.</b> Особенности эпифитной микрофлоры различных видов листоватых лишайников .....	231
<b>Маслова А. Ю., Сибирцев В. С., Крылов А. В., Кубанычбек Р., Марченко А. А.</b> Система инструментальной оценки влияния ионов переходных металлов на жизнедеятельность микроорганизмов.....	236
<b>Кондакова Л. В., Дабах Е. В.</b> Информативность коэффициента Жаккара в оценке состояния водоемов .....	239
<b>Кувичкина Т. Н., Носулич В. Е., Капаруллина Е. Н., Доронина Н. В., Макаренко А. А., Решетилов А. Н.</b> Подход к поиску и выделению микроорганизмов-деструкторов фенола .....	242

## СЕКЦИЯ 5 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

<b>Шарипова В. К., Рахимова Н. К., Бешко Н. Ю.</b> Современное состояние ценопопуляций редкого эндемичного вида <i>Acantholimon nuratavicum</i> Zakirov ex Lincz. (Plumbaginaceae).....	247
<b>Черемисинов М. В., Дудин Г. П., Помелов А. В.</b> Мутагенное действие химических соединений применяемых в сельском хозяйстве.....	252
<b>Какаева А. И., Аюева М. А., Бишарова И. Л., Лукаткин А. С.</b> Определение устойчивости гибридов кукурузы к температурному стрессу на основе параметров флуоресценции хлорофилла.....	255
<b>Огородникова С. Ю.</b> Изучение фитопротекторных свойств Лигногумата при загрязнении среды фторидом натрия .....	257
<b>Одинцова Ю. А., Соловьёва Е. С.</b> Влияние аммиачной селитры и сульфата марганца(II) на рост и накопление жира в зерне ячменя различных сортов.....	260
<b>Емельянова И. С., Большакова Е. В., Лукаткин А. С.</b> Влияние питательных сред и различных концентраций тидиазурона на морфогенез <i>Lilium serpium</i> Kom. в культуре <i>in vitro</i> .....	263
<b>Петрова А. Б., Кавеленова Л. М., Кузнецов А. А., Деменина Л. Г.</b> Изменчивость некоторых показателей структуры листового аппарата сортов груши при флуктуации гидротермических условий вегетационных периодов в лесостепи Среднего Поволжья .....	267

<b>Шумилова А. А., Соловьёва Е. С.</b> Состав и физико-химические свойства эфирного масла пихты сибирской, произрастающей в различных районах Кировской области .....	271
<b>Егорова Н. Ю.</b> Особенности онтогенетической стратегии <i>Vaccinium myrtillus</i> L. в лесных экосистемах северо-востока европейской России .....	274
<b>Овчинникова Ю. А., Шабалкина С. В.</b> Об экологических предпочтениях <i>Iris sibirica</i> L. ....	277
<b>Ставищенко И. В., Лугинина Е. А., Кириллов Д. В.</b> Редкие и индикаторные виды макромитозов Государственного природного заповедника «Былина» .....	282
<b>Могилева А. В.</b> Заметки к флоре Командорских островов .....	285
<b>Кельдышев М. А., Винокуров А. Н., Вартан И. А., Прокашев А. М.</b> Опыт анализа послерубочного состояния фитоценозов заказника «Былина» .....	288
<b>Рязанова Д. Г., Пересторонина О. Н.</b> Коллекции древесных растений искусственных насаждений Дендропарка лесоводов Кировской области .....	293
<b>Домнина Е. А., Савиных Н. П., Ходырев Г. Н.</b> О состоянии тополей в озеленении г. Кирова .....	297
<b>Татьянкина Е. А., Рябова Е. В.</b> Видовой состав растений жилого комплекса «Васильки» г. Кирова .....	300

## СЕКЦИЯ 6 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

<b>Емельянова М. С., Ломаева М. Г., Ломаев Г. В.</b> Экологический уровень ослабления геомагнитного поля, оказывающий негативное влияние на эмбриогенез куриных .....	303
<b>Ботязова О. А., Смирнова К. Г.</b> Токсичность лаурилсульфата натрия по данным биотестирования на разных тест-организмах .....	306
<b>Бабина В. А., Масленникова О. В.</b> Орнитофауна парков г. Кирова ....	310
<b>Борняков Г. А., Масленникова О. В.</b> Орнитофауна особо охраняемой природной территории «Заречный парк» г. Кирова .....	314
<b>Букина Л. А.</b> Характеристика синантропного очага трихинеллеза на территории прибрежных поселков Чукотского полуострова .....	317
<b>Зиновьев В. В., Пестов С. В.</b> Повреждения листьев липы сердцевидной ( <i>Tilia cordata</i> L.) фитофагами в г. Кирове .....	320
<b>Кондрухова С. В.</b> Мониторинг зимнего населения птиц участка «Нургуш» заповедника «Нургуш» .....	324
<b>Котельникова Т. А., Масленникова О. В., Шихова Т. Г.</b> Парафасциолопсоз лося на территории опытного хозяйства .....	328
<b>Махнева И. С., Кочкарев П. В., Масленникова О. В.</b> Учеты рыбацких птиц в бассейне р. Столбовая Центральносибирского заповедника .....	330

<b>Рябов В. М.</b> Материалы о гибели млекопитающих на автомобильных дорогах .....	333
<b>Феденева Ю. В., Букина Л. А.</b> Травмированность северных морских котиков ( <i>Callorhinus ursinus</i> ) инородными предметами антропогенного происхождения на репродуктивном лежбище о. Тюлений (Сахалинская область) .....	336
<b>Целищева Л. Г.</b> Почвенная мезофауна ивняка и ее роль в сохранении биологического разнообразия заповедника «Нургуш» .....	340
<b>Чернышев С. П., Масленникова О. В.</b> Учеты численности мелких млекопитающих в Центральносибирском биосферном заповеднике .....	345

# СЕКЦИЯ 1

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### ГОРОДСКИЕ ЛЕСА: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СЛОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ И ОХРАНЫ

*Я. А. Горячева, О. А. Савватеева*  
ГБОУ ВО Московской области «Университет «Дубна»,  
*yana\_sprouse@mail.ru, ol\_savvateeva@mail.ru*

Городские леса выполняют существенные экологические функции для населения городов, а также занимают значительную площадь по всей территории страны. На сегодняшний день городские леса испытывают совокупность проблем.

Детальное исследование выполнено на примере лесов г. Дубна Московской области.

Общая площадь городских лесов составляет примерно 1350 га. Среди них особо охраняемые природные территории ООПТ занимают 310 га, территории санитарно-защитных зелёных насаждений 298 га, ландшафтно-рекреационные территории 63 га.

На территории г. Дубны находятся особо охраняемые природные объекты: памятник природы «Ратминский бор» (22 га) и заказник «Козлаковский лес» (326 га) (рис. 1).

Леса, располагающиеся на территории и вблизи населенного пункта, пользуются повышенным спросом, они прорезаны густой тропиной сетью, почвенный покров в высокой степени вытоптан и переуплотнен. Ежегодно происходит увеличение рекреационной нагрузки на природные комплексы, что ведет к деградации этих комплексов, что приводит к возникновению экологических проблем.

В результате антропогенной деятельности в природном комплексе происходят изменения – дигрессии. В г. Дубна наиболее деградированы следующие лесные участки (рис. 2):

– территория лесопарковой зоны площадью 5 га в кварталах № 9 и № 10, с критической рекреационной нагрузкой и общей площадью полностью вытоптанной территории 1,5 га, характеризующиеся 4 стадией дигрессии;

– участки на левом берегу в квартале №1 с недопустимой рекреационной нагрузкой, полным отсутствием травяного покрова или переуплотненным почвенным покровом, очагами от костра и 9 га полностью вытоптанной территории, характеризующиеся 5 стадией дигрессии;

– лесные кварталы № 14 и № 15 с 4,5 га полностью вытоптанной территории, характеризующиеся 4 стадией дигрессии.

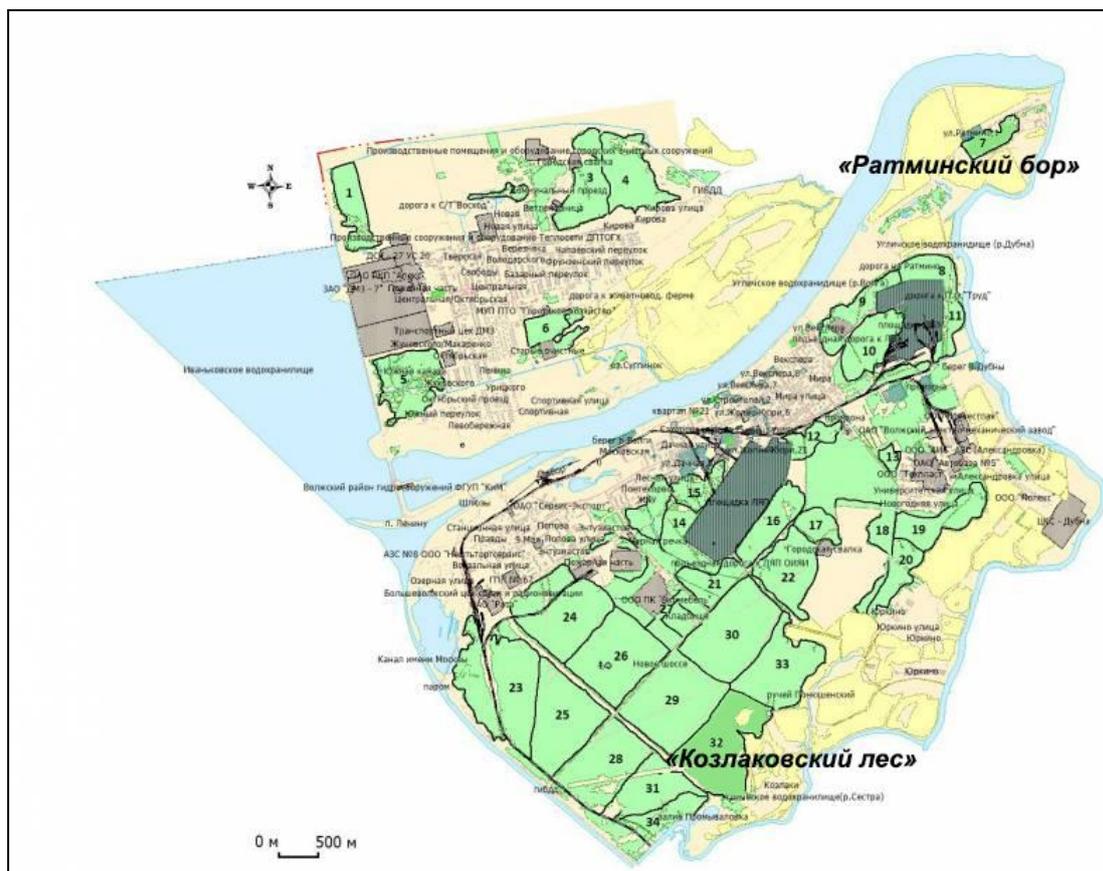


Рис. 1. Карта-схема расположения лесных кварталов в г. Дубна

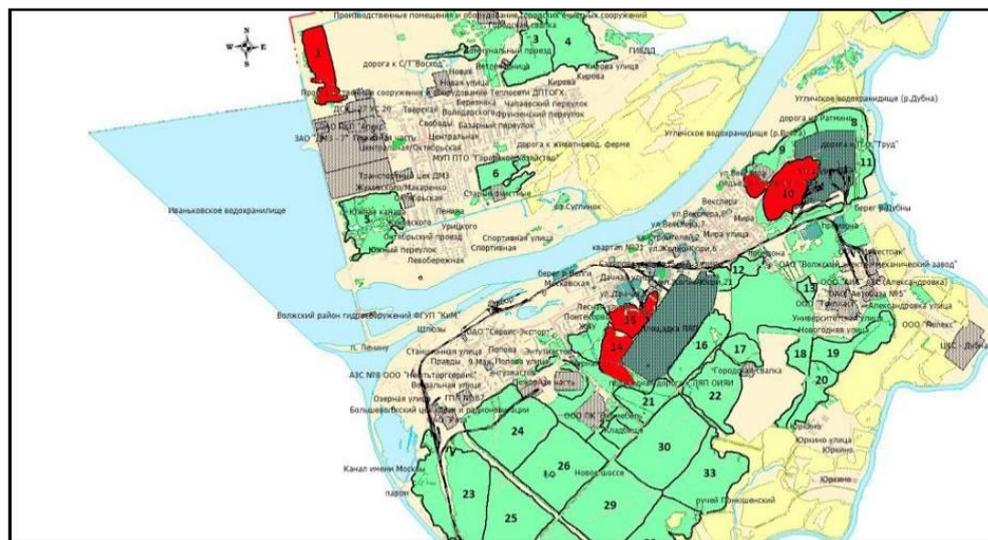


Рис. 2. Карта-схема расположения наиболее деградированных участков

Рекреационная нагрузка, как существенный антропогенный фактор, может вызвать ряд направленных изменений в структуре исследуемого лесного фитоценоза.

Особо чувствительна к рекреационному воздействию подстилка – важный компонент лесного биогеоценоза. Подстилка служит источником поступления органического вещества и питательных элементов в минеральные почвенные горизонты. Уничтожение подстилки усиливает водно-эрозионные процессы, оголяет корни, ухудшает питание растений и снижает биопродуктивность биогеоценоза.

Стволовые вредители и болезни леса – одна из самых распространенных причин ослабления и усыхания леса. Наиболее опасным стволовым вредителем, распространенным на территории города Дубны, является короед-типограф. Леса в районе площадки ОИЯИ ЛЯП и ООПТ «Козлаковский лес» на сегодняшний день наиболее заражены короедом-типографом: около 1000 сухих деревьев распространены по территории площадью около 5 га, вследствие чего требуется незамедлительное проведение санитарных рубок.

Среди болезней древесных растений г. Дубны можно выделить корневую губку, смоляной рак (серянка) сосны обыкновенной и трутовик ложный (рис. 3).

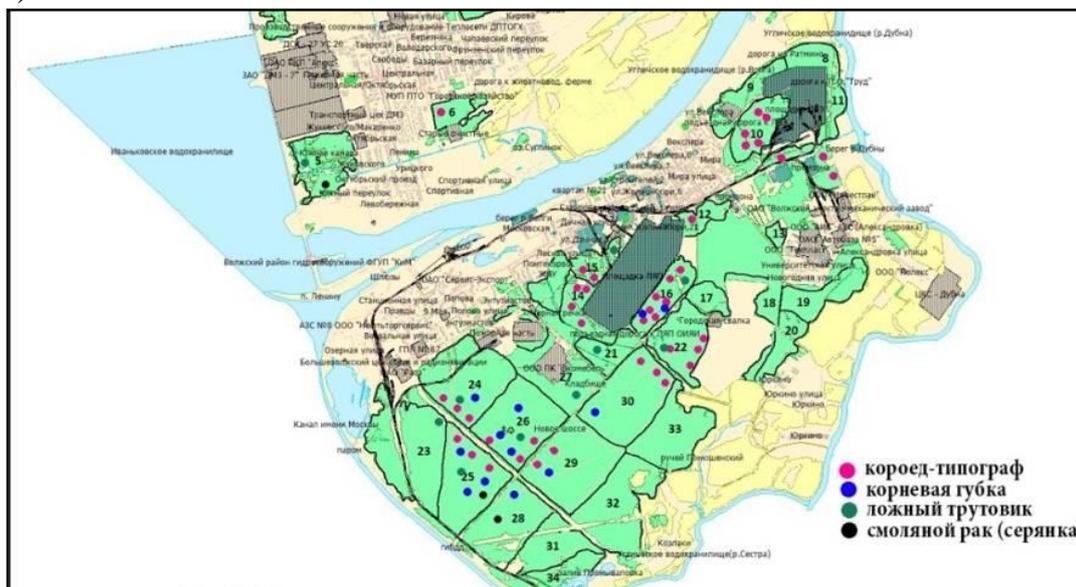


Рис. 3. Карта-схема расположения очагов вредителей и древесных болезней

Леса г. Дубна характеризуются наличием большого количества несанкционированных свалок длительного периода жизни: в лесах расположено более половины всех выявляемых стихийных свалок города (рис. 4). Значительные по площади участки захламления обнаружены в лесных кварталах № 5, 10, 11, 14, 15, 29 [1]. Проблема несанкционированных свалок в лесных массивах актуальна вдвойне, так как стихийные свалки бытовых отходов приводят к деградации почвы как природного объекта, что проявляется в разрушении многих почвенных компонентов, ответственных за выполнение экологических функций почвенного покрова.

Еще одной проблемой лесов в городе является разведение костров в неположенных местах и в пожароопасный период. Так, в г. Дубна при пожаре в Ратминском бору в 2002 г. погибло 2 га реликтового соснового леса.

Также стоит признать наличие проблем управления городскими лесами.

Первая проблема возникает из-за недостатка финансирования лесохозяйственных работ в городе, которая определяет следующие аспекты:

– работники лесного хозяйства не полностью обеспечены необходимой техникой, вследствие чего должный уход за лесными территориями крайне затруднен;

– специалистов лесного дела не хватает;

– большинство лесных участков нуждаются в дополнительном лесном мониторинге для подробного исследования болезней и вредителей леса, а также состояния подроста и почвенного покрова;

– отсутствует единая методика расчета устойчивости лесного биома к антропогенному воздействию.

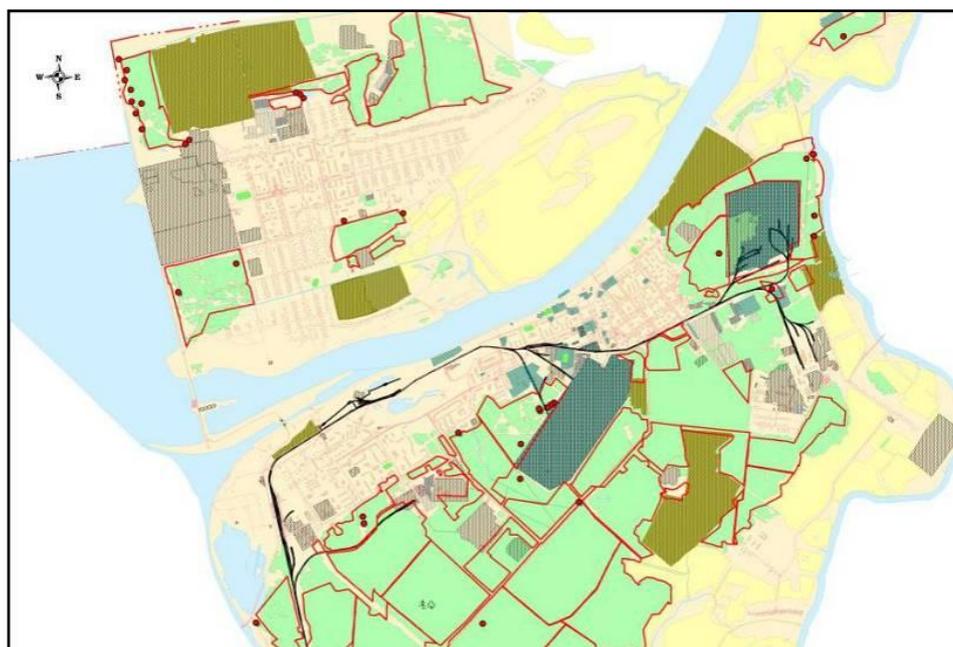


Рис. 4. Карта-схема расположения несанкционированных свалок на лесных участках г. Дубны

Другая сложность состоит в том, что в настоящее время, в отличие от прошлых лет, в г. Дубна не предусмотрено комплексное лесопатологическое обследование лесов, почвенные раскопки, изготовление гнездовий для птиц, полноценная уборка сухостоя, изготовление и установка пикниковых столов и площадок для разбивки палаток туристов, что приводит к дополнительным проблемам, связанным в первую очередь с последствиями рекреационной деятельности.

К проблемам управления также можно отнести определение нормативов рекреационной деятельности: на сегодняшний день нет единой методики расчета устойчивости лесного биома к рекреации. Временная методика [2] определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и сами времен-

ные нормы этих нагрузок устарели и имеют ряд погрешностей, что искажает реальную картину.

Регистрационно-измерительный метод предназначен для проведения наблюдений и основан на регистрации посетителей и времени их пребывания на пробных площадях, однако при его использовании возникает ряд трудностей. Проведение наблюдений должно включать регистрацию количества посетителей в момент наблюдения и измерения времени их пребывания на пробной площади. Но подобные данные получить трудно, так как нужно выполнять учет посетителей четыре раза в сутки – утром, днем, вечером, ночью [3]. Кроме того, сложность подобных исследований усугубляется тем фактом, что для выявления устойчивости экосистемы и установления нормативов необходимо учитывать растительность и ландшафт в целом, так как каждый лесной фитоценоз имеет разную степень устойчивости.

Другого рода проблемы в области охраны и использования городских лесов проистекают из действующего Лесного кодекса РФ [4]. Например, в статье 116 Лесного кодекса Российской Федерации (ЛКРФ) «Городские леса» прописаны запрещенные к осуществлению на их территории виды деятельности, но конкретная информация о допустимой рекреационной деятельности отсутствует. Другой пример касается нововведений ЛКРФ, вступающих в силу с 01.07.2019, согласно которым до 01.07.2020 на федеральном уровне будут введены в практику особенности использования, охраны, защиты, воспроизводства защитных лесов, расположенных на землях населенных пунктов. Таким образом, на взгляд авторов, признано отсутствие определения всех этих функций ранее, а значит, городские леса не были охраняемы и управляемы на законодательном уровне многие годы.

По результатам исследований можно сделать вывод о том, что экологическая ситуация с городскими лесами в стране неблагоприятная. Основными проблемами являются рекреационная нагрузка и недостаток объемов лесохозяйственных мероприятий, ежегодно увеличиваются площади деградированных земель под лесными участками.

Установление запретов и норм, осуществляемой в городских лесах рекреационной деятельности, затрудняет тот факт, что по данной тематике проводится мало исследований. Каждый лесной фитоценоз по-разному чувствителен к антропогенному воздействию. Сложности вызывают сами методы определения рекреационной нагрузки, каждый из них имеет ряд недочетов, некоторые устарели.

Ситуация усугубляется несовершенством лесного законодательства в сфере управления и охраны городских лесов.

В настоящее время необходимо заняться комплексом проблем городских лесов как на уровне практической деятельности в создаваемых согласно ЛКРФ в ближайшем будущем лесничествах и в методическом аспекте, так и в сфере экологического нормирования (в первую очередь, через определение норм допустимой нагрузки рекреационной деятельности) и экологического лесного законодательства. Однако, вероятнее всего, все эти вопросы так и ос-

танутся нерешаемыми, если не будет повышен объем финансирования лесной отрасли, традиционной и крайне важной для нашей страны, и не будет возвращена на прежний высокий уровень подготовка специалистов лесного дела.

#### **Литература**

1. Савватеева О. А., Бурова Е. Ю. Мониторинг несанкционированных свалок на территории г. Дубна Московской области // В мире научных открытий. Красноярск: Научно-Инновационный Центр, 2015. № 6.1 (66). С. 449–461.

2. Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. М.: Госкомлес СССР, 1987. 34 с.

3. Коростелёв Е. М. Практикум по экологическому туризму. СПб., 2008. 94 с.

4. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2019).

### **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТРОПА В ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «МЕДВЕДСКИЙ БОР»**

***Е. В. Лелекова***

*ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
LelekovaEV1980@mail.ru*

Много удивительно красивых мест в Вятском крае... И одно из них – Медведский бор – уникальная территория для Северо-Востока России в целом. Он раскинулся на левом берегу р. Вятки у пос. Медведок в Нолинском районе. С 1981 г. бору присвоен статус памятника природы. А в настоящее время – это особо охраняемая природная территория, удивительный сосновый лес с карстовыми озерами.

Впервые бор был исследован в конце XIX века, и с тех пор интерес к нему неизменно растет. В экспедициях принимали участие как юннаты-любители и туристы, так и исследователи и научные работники разных организаций: Н. А. Буш, А. Д. Фокин, З. А. Палева, А. В. Хабаков, П. И. Розанова, П. Н. Никольский, А. И. Шернин, Ю. М. Устюгов, А. Н. Соловьев, Е. М. Тарасова, Е. И. Ворончихин и др. Кропотливо изучались почвы, особенности рельефа, озера, растительный и животный мир. С 1960-х гг. XX века комплексное обследование проводили преподаватели кафедры ботаники Кировского государственного педагогического института (в настоящее время – кафедры биологии и методики обучения биологии ВятГУ) [1].

Изучению Медведского бора посвящают свои исследования и сотрудники Центра компетенций «Использование биологических ресурсов» ВятГУ. Самое пристальное внимание уделяется анализу поведения редких и охраняемых видов растений, составу и изменениям растительности в разных типах лесов; особенностям возобновления древостоя и разработке программ ведения лесохозяйственных мероприятий, в том числе – по уходу за лесом, в пределах этой особо охраняемой природной территории [2–7].

В конце 2018 г. в результате сотрудничества администрации г. Нолинска, НКО Фонд «Возрождение» (г. Нолинск), ООО «Нолинская лесопромышленная компания», МБУК «Музей истории и краеведения» г. Нолинска и специалистов Центра компетенций был разработан проект по созданию экологической тропы в Медведском бору – «Жемчужина в ожерелье». Он поддержан грантом Президента РФ на развитие гражданского общества и предоставлен Фондом президентских грантов. Маршрут экологической тропы пройдет по сосновому бору на песчаных дюнах, вдоль карстовых озер и провалов. Команда проекта разрабатывает информационные аншлаги об этих уникальных объектах и представителях животного и растительного мира. Мы приглашаем всех желающих посетить это удивительное место как в составе экскурсионных групп, так и лично, черпая информацию из буклета.

Так чем же нам интересен Медведский бор?! Он сохранился до наших дней с далеких геологических эпох. После таяния ледника река намывала бескрайние песчаные пляжи, а ветра-суховеи тысячи лет перевевали эти древние отложения. В результате сформировались материковые песчаные дюны, на которых поселилась сначала степная растительность, а затем и древесная. В расположении крутых и пологих склонов у дюн прослеживается закономерность: крутой склон и боковые их ветви неизменно направлены на север, северо-запад и, реже, на север и северо-восток [8]. В наше время, по данным Нолинской метеостанции, направление ветров в бесснежный период в этом районе в основном северное и северо-западное. Учитывая, что положение крутых склонов у дюн противоположно направлению ветра, можно заключить, что Медведские дюны – не современные (в смысле геологического возраста) образования, а созданы совершенно иными, другими по направлению, южными, юго-восточными и, отчасти юго-западными ветрами. Именно они господствовали на территории нашей области после отступления ледника.

Медведский бор находится в подзоне хвойно-широколиственных лесов. Коренная растительность здесь – широколиственно-пихтово-еловые леса. На охраняемой территории можно встретить и разные типы сосновых лесов: беломошниковые, сфагновые и сложные боры. Сосна, вместе с другими породами деревьев, стала заселяться на территорию области после таяния ледника из разных, достаточно разобщенных участков суши – рефугиумов, не подверженных его влиянию, где она и пережила этот неблагоприятный период. На территории Медведского бора присутствуют сосны из разных рефугиумов, в том числе и Южно-Уральского, отличающиеся высокими товарными качествами древесины [9]. Сосновые леса нигде на Земле не образуют собственной природной зоны, как например, степи, тундры и тропические леса. Поэтому они, без определенных лесохозяйственных мероприятий, в конечном итоге сменяются зональными сообществами. Анализ состояния сосняков в Медведском бору установил преобразование их в таковые, а именно – хвойные и хвойно-широколиственные леса. Более всего это проявляется в зоне особой охраны, так как с приданием территории этого статуса, необходимые мероприятия по уходу за лесом не проводились. Очевидно, что на территории

бора, в том числе и на окраинах поселка Медведок, необходимы своевременные мероприятия по содействию естественному возобновлению сосны, а также ее искусственное возобновление. Сотрудники Центра компетенций, совместно со студентами кафедры БиМОБ ВятГУ занимаются выращиванием сеянцев сосны с закрытой корневой системой, которые высаживают на участках, арендуемых «Нолинской лесопромышленной компанией». Без необходимых мероприятий сосновый лес постепенно исчезнет...

Медведский бор знаменит и своими растущими и поныне карстовыми воронками, провалами и многочисленными озерами! Грунтовые воды растворяют и вымывают легкорастворимые горные породы (гипс, известняк, доломит, каменную соль и др.) с образованием пустот, в которые проваливаются вышележащие толщи песка. На территории бора можно встретить сухие воронки и старые провалы с заторфованным дном. При заполнении провалов грунтовыми или напорными водами восходящих источников появляются удивительной красоты карстовые озера – таинственные, завораживающие и неизведанные до конца [10].

Поистине, жемчужина в ожерелье природы Вятского края – это озеро Чваниха, кристально чистое, глубокое, живописное и манящее... Среди величавых корабельных сосен, которые как мачты тянутся ввысь на древних песчаных дюнах, волнами бегущих со времен последнего ледника, появилось и растет до сих пор это необыкновенное озеро. Единая чаша его состоит из 22-ух провалов с общей длиной 1,5 км и заполненных кристально-чистой, необыкновенно прозрачной и холодной водой. Она постоянно циркулирует по системе подземных трещин, поэтому дно у Чванихи не заиливается, остается чистым и песчаным, и постепенно опускается до 10-ти и более метров. Вдоль уреза воды и на неглубоких побережьях встречаются заросли стрелолиста, хвоща иловатого, горца земноводного, тонко- и широколистных рдестов, красавиц кубышек с кувшинками, водяной сосенки, пузырчатки, водорослей... На дне озера можно разглядеть причудливо-шарообразные, напоминающие зеленые помидоры, скопления ностока сливовидного. Эта колониальная водоросль охраняется на территории памятника природы «Озеро Чваниха в Медведском бору» и включена в Красную книгу области как вид, находящийся под угрозой исчезновения.

Видовое богатство Медведского бора поражает воображение: наряду с растениями и животными хвойных и хвойно-широколиственных лесов на дюнах встречаются и степняки [11]! Из представителей животного мира – это южнорусский тарантул, муравьиный лев, некоторые виды бабочек, удод... В Красную книгу области занесены жуки: дровосек-кожевник, красотел бронзовый, толстяк ивовый, усач-дубильщик и др.; бабочка аполлон занесена также в Международную Красную книгу и Красную книгу РФ; мнемозина – в Красную книгу РФ; голубянка орион – краснокнижный вид нашей области – отмечена только на территории бора. В Красной книге Кировской области редкие и малочисленные виды птиц – удод, зимородок обыкновенный и филин. Последний занесен и в Красную книгу РФ!

Из растений в Красную книгу РФ занесены венерин башмачок настоящий и пыльцеголовник красный. Из степняков в начале прошлого века в бору отмечалось более 30 видов: гвоздика песчаная и Борбаша, лапчатка распростертая, качим метельчатый, наголоватка васильковая, василек сумский, прострел желтеющий – занесены в Красную книгу Кировской области); раakitник русский, астрагал песчаный, прострел раскрытый, очанка татарская, овсяница полесская и др. К сожалению, у многих из них снижается энергия семенного возобновления; многие растения находятся в зрелом и старовозрастном состоянии; молодых растений мало или практически нет. Это серьезная угроза для их дальнейшего существования! Более того, здесь уже не обнаруживаются такие степные растения, как ковыль перистый, цмин песчаный, овсяница жестковатая, тимофеевка степная, полынь полевая, астрагал нутовый.

Необычайным разнообразием видов и форм представлены в Медведском бору лишайники [12]. Среди привычных взгляду кустистых кладин (лесной, альпийской, оленьей, звездчатой) ярко-зелеными брызгами рассыпано около сотни видов кладоний: бесформенная, кудрявая, грациозная... Немало в лесу и краснокнижных видов: свисающие бороды эвернии растопыренной на хвойных породах, уснеи бородатой – на лиственных; на тех и других – уснеи цветущей. Она, вместе лобарией легочной, кроме Красной книги Кировской области занесена и в Красную книгу РФ. Наличие этих видов в Медведском бору говорит об исключительной его чистоте.

Степняки, карстовые озера, песчаные дюны и уникальный сосновый лес – все это послужило основанием для придания этому месту охранного статуса. Однако именно длительный охранный режим без своевременной лесохозяйственной деятельности и привел к начавшейся смене сосновых лесов на пихтово-еловые с широколиственными породами, березовые и осиновые леса с участием липы. Снижение освещенности стало одной из причин исчезновения многих видов степных растений; оставшиеся находятся в угнетенном состоянии и тяготеют к опушкам, просекам, дорогам и линиям электропередач.

В результате сотрудничества Центра компетенций с ООО «Нолинская лесопромышленная компания» разработан и апробирован алгоритм лесохозяйственной деятельности для содействия естественному самоподдержанию сосняков и восстановлению степных растений и видов трав широколиственных лесов. На основании этого Правительством Кировской области принято постановление «Об утверждении границ и режима особой охраны территории памятника природы регионального значения «Медведский бор» (№ 82/41 от 03.02.2016 г.). В результате реализации целого комплекса лесохозяйственных мероприятий на этой территории станет возможным сохранение и оздоровление исходного сообщества, восстановление численности редких и охраняемых видов растений и обеспечение естественного возобновления сосны.

Многое в природе Медведского бора еще требует кропотливых научных исследований. Тишина и величие этого места неуклонно влекут и манят туристов... Очевидно одно: это живое свидетельство глобальных событий в Книге природы хранит в себе много секретов, которые нам предстоит от-

крыть и сделать ее иллюстрациями! С реализацией проекта по созданию экологической тропы, все желающие смогут познакомиться с живописным миром соснового бора на песчаных дюнах, узнать происхождение этих нехарактерных для области форм рельефа, побродить по маршруту, наслаждаясь тишиной и величием природы, и по-новому взглянуть на знакомые сообщества, растения и животных.

### Литература

1. Хохлов А. А. Из истории изучения и охраны комплексного памятника природы Медведского бора // Медведский бор: Сб. статей. Киров: Триада плюс, 2006. С. 5–12.
2. Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Видякин А. И., Гальвас А. Г. Основы устойчивого сохранения остепненных боров в пределах особо охраняемых природных территорий // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. 2014. № 7. С. 62–65.
3. Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Гальвас А. Г. Лесохозяйственная деятельность в защитных лесах как способ сохранения экосистем // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2017. С. 192–197.
4. Пакеева А. Э., Пересторонина О. Н. Семейство Orchidaceae особо охраняемой природной территории «Медведский бор» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. Киров, 2018. С. 67–69.
5. Казакова Т. В., Пересторонина О. Н. Редкие сосудистые растения ООПТ «Медведский бор» и их охрана // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2016. С. 55–59.
6. Казакова Т. В., Пересторонина О. Н. Сохранение редких видов растений в пределах особо охраняемой природной территории «Медведский бор» // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2017. С. 234–240.
7. Шабалкина С. В., Пересторонина О. Н. Мониторинг состояния ценопопуляций *Dianthus arenarius* и *Jurinea cyanooides* на территории памятника природы «Медведский бор» // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2017. С. 342–346.
8. Хабаков А. В. Об эоловых послетретичных образованиях Вятской губернии // Медведский бор: Сб. статей. Киров: Триада плюс, 2006. С. 21–29.
9. Видякин А. И. Миграция в голоцене и популяционная структура *Pinus sylvestris* L. на востоке европейской части России // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Йошкар-Ола: МарГУ, 1998. Ч. 2. С. 4–12.
10. Соловьев А. Н. Озера // Энциклопедия земли Вятской. Т. 7. Киров: Областная писательская организация, 1997. С. 200–222.
11. Савиных Н. П., Киселева Т. М., Пересторонина О. Н., Копысов В. А., Шабалкина С. В., Пичугина Е. В. Жемчужина вятского края – Медведский бор // Медведский бор: Сб. статей. Киров: Триада плюс, 2006. С. 81–95.
12. Копысов В. А. Флора Вятского края. Ч. 3. Лишайники. Киров: Кировская областная типография, 2009. 127 с.

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ ЗАВОЛЖСКОГО И ФРУНЗЕНСКОГО РАЙОНОВ г. ЯРОСЛАВЛЯ

*В. А. Тонегина, О. А. Ботязова*

*Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова,  
a131167@yandex.ru, botyazh@bio.uniyar.ac.ru*

Вода является самым необходимым ресурсом в жизни человека, поэтому проблема обеспечения населения питьевой водой, соответствующей всем нормативным показателям, остается одной из самых актуальных. Низкое качество питьевой воды приводит к различным заболеваниям и повышению уровня смертности. По данным Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения с неудовлетворительным качеством питьевой воды в РФ связаны около 14 тыс. смертей и более 3 млн случаев заболеваний в год [1].

Для Ярославской области вопрос о качестве питьевой воды является одним из приоритетных. Регион имеет большое количество поверхностных и подземных источников водопользования [2], однако только небольшая часть из них соответствует нормам [3].

Целью настоящего исследования являлась оценка качества водопроводной воды Заволжского и Фрунзенского районов г. Ярославля.

Оценку воды на токсичность проводили методом биотестирования. В качестве тест-объекта использовали ветвистоусых рачков *Ceriodaphnia affinis*. Определяли выживаемость цериодафний в пробах водопроводной воды и в контроле в соответствии с методическим руководством по биотестированию воды РД-118-02-90 [4, 5]. Перед основным биотестированием была проведена проба на чувствительность культуры цериодафний к раствору эталонного токсиканта  $K_2Cr_2O_7$ , которую устанавливают по медианной летальной концентрации ( $LK_{50}$ ) вещества.

Тестировали водопроводную воду жилых домов Заволжского и Фрунзенского районов по шести точкам отбора. Для токсикологической оценки использовали критерии, предложенные Б. А. Флеровым:

- если летальность цериодафний не превышает 20% – вода не является токсичной;
- если летальность составляет от 20 до 50% – вода является токсичной;
- если гибель рачков 50% и более – вода является очень токсичной [5].

Гидрохимический анализ проводили по 4 органолептическим (цветность, мутность, запах, вкус) и 6 физико-химическим показателям ( $Fe^{3+}$ , хлориды, сульфаты, нитриты, перманганатная окисляемость, жесткость) согласно ГОСТ Р 51232-98. [6].

Результаты исследования показали, что медианная летальная концентрация эталонного токсиканта ( $LK_{50} K_2Cr_2O_7$ ) составила в предварительном тестировании 1,54 мг/л. Полученное значение входит в нормальный диапазон реагирования тест-объекта на эталонный токсикант – от 0,9 до 2,0 мг/л [7],

что означает возможность использования культуры цериодафний для основного биотестирования водопроводной воды.

Результаты биотестирования показали, что вода Заволжского и Фрунзенского районов во всех точках отбора проявляла очень высокую токсичность, так как летальность цериодафний составляла более 50%. Уровень безопасного водопользования для 31% проб достигался разбавлением воды в 8 раз. Остальные пробы требовали большего разведения. Низкое качество водопроводной воды [1, 8] может быть связано с плохим состоянием водораспределительных сетей, в частности, с коррозией трубопроводов [9].

Наименьшие токсические свойства водопроводная вода в обоих районах города проявляла в зимний период. В весенний и осенний сезоны года вода обладала более выраженной токсичностью, о чем можно судить по кратности разбавления тестируемой воды до безопасного уровня. Вероятно, низкое качество воды может быть связано с таянием снегов и осадками, которые, поступая в поверхностные водоисточники, существенно их загрязняют.

Фильтрация водопроводной воды через бытовые фильтры существенно улучшало ее качество, тогда как кипячение не всегда приводило к снижению токсических свойств воды, на что указывают показатели летальности рачков. В процессе кипячения в воде могут образовываться комплексы соединений, являющихся токсичными для тест-организмов [10].

По результатам гидрохимического анализа было установлено, что органолептические показатели воды (цветность, запах и вкус) в большинстве случаев превышали допустимую норму [11]. Значения жесткости по всем точкам отбора проб значительно ниже допустимой нормы, которая в соответствии с СанПин должна составлять 7 мг-экв/л [11]. Низкая жесткость представляет серьезный риск здоровью людей, способствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, недостаток солей  $\text{Ca}^{2+}$  в организме человека понижает возбудимость центральной нервной системы, а ионы  $\text{Mg}^{2+}$  способствуют выведению холестерина [2, 13]. Несоответствие гидрохимических показателей исследованной воды нормам СанПиН, вероятно, связано с низким качеством водоразводящих сетей [1, 10]. Остальные значения гидрохимических показателей, таких как мутность, содержание  $\text{Fe}^{3+}$ , хлоридов, сульфатов, нитритов и перманганатная окисляемость находились в пределах нормы [11] независимо от сезонов года.

По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Водопроводная вода Заволжского и Фрунзенского районов г. Ярославля во всех точках отбора проявляла очень высокую токсичность. Уровень безопасного водопользования для 31% проб достигался разбавлением воды в 8 раз. Остальные пробы требовали большего разведения.

2. Кипячение водопроводной воды приводило к снижению ее токсических свойств. Фильтрация нативной воды через бытовые фильтры существенно улучшало ее качество, о чем свидетельствует снижение показателей летальности тест-объекта.

3. Наименьшими токсическими свойствами водопроводная вода в обоих районах города обладала в зимний период, на что указывают показатели выживаемости цериодафний в пробах воды разных сезонов года.

4. Показатели цветности, запаха, вкуса и жесткости исследуемой воды в большинстве случаев не отвечали допустимым санитарно-гигиеническим нормам.

### Литература

1. Хабаров А. В. В Ярославле две ТЭЦ сбрасывали в Волгу неочищенную воду [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.province.ru/yaroslavl/news/item/3862.html>

2. Александров А. Поверхностные и подземные воды Ярославской области // Информационное агентство, освещающее проблемы экологии России и мира. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.ecoinform.ru/public/release/id\\_10041](http://www.ecoinform.ru/public/release/id_10041)

3. Крейг У. Д. Вода необходима для жизни и здоровья. Пища и ваше будущее [Электронный ресурс] 2011. Режим доступа: <http://vseputem.net/water/78-water-is-essential-for-life-and-health.html>

4. РД 118-02-90. Методическое руководство по биотестированию воды. М.: Госком-природа. 1991. 34 с.

5. Флеров Б. А., Комов В. Т. Оценка экологического состояния водоемов при антропогенном воздействии // Гидробиологический журнал. Т. 27. № 3. С. 23–31.

6. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. М.: Стандартиформ, 2010. 21 с.

7. Рябухина Е. В., Зарубин С. Л. Биотестирование. Биологические методы определения токсичности водной среды: метод. указания. Яросл. гос. ун-т. Ярославль: ЯрГУ, 2006. 64 с.

8. Рьжиков Р. В. В Ярославле из кранов потекла черная вода [Электронный ресурс]. 2018. Режим доступа: [https://news.yandex.ru/yandsearch?cl4url=www.yar.aif.ru/society/gkh/v\\_zavolzhskom\\_rayone\\_iz\\_kranov\\_yaroslavcev\\_potekla\\_chernaya\\_voda&lang=ru&from=reg\\_portal&stid=k7ozOwH4y7XkaHhfspXO&t=1519628364&lr=16&msid=1519628548.81021.22883.11150&mclid=1519628364.geo\\_16.6bcf396f](https://news.yandex.ru/yandsearch?cl4url=www.yar.aif.ru/society/gkh/v_zavolzhskom_rayone_iz_kranov_yaroslavcev_potekla_chernaya_voda&lang=ru&from=reg_portal&stid=k7ozOwH4y7XkaHhfspXO&t=1519628364&lr=16&msid=1519628548.81021.22883.11150&mclid=1519628364.geo_16.6bcf396f)

9. Основные проблемы воды ГОСТвода [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://gostvoda.ru/problem-voda>

10. Helmenstine A.M. Warning: Why You Should Never Reboil Water Again! [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.whydontyoutrythis.com/2015/06/warning-why-you-should-never-reboil-water-again.html>

11. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Введ. 2002-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2002. 46 с.

12. Ботяжова О. А., Болтанов А. А. Оценка качества родниковых вод как питьевых водоисточников. Экология и рациональное природопользование: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. 12–16 сент. 2017 г. Ярославль – Переславль-Залесский. Ярославль; Переславль-Залесский, 2017. С. 35–40.

13. Лаврушина Ю. А. О качестве питьевой воды // Экология и промышленность России. 2004. № 3. С. 38–39.

# ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ХАЙБУЛЛИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

*Г. Ш. Кужина, А. Х. Азнабаева*

*Сибайский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», kuzhina\_gsh77@mail.ru*

На сегодняшний день тяжелые металлы (ТМ) и их соединения являются основными загрязнителями не только почвы и воды, но и атмосферного воздуха, они отличаются высокой токсичностью, распространенностью [1].

Главной отраслью Хайбуллинского района Республики Башкортостан (РБ) является горнодобывающая промышленность, которая представлена добычей колчеданных руд. Напряженные и продолжительные работы в карьерах привели к загрязнению окружающей среды соединениям ТМ.

Целью работы являлось исследование содержания ТМ в атмосферном воздухе вблизи карьеров и автодороги Юлдыбаево – Акъяр – Сара (80К-035) Хайбуллинского района РБ.

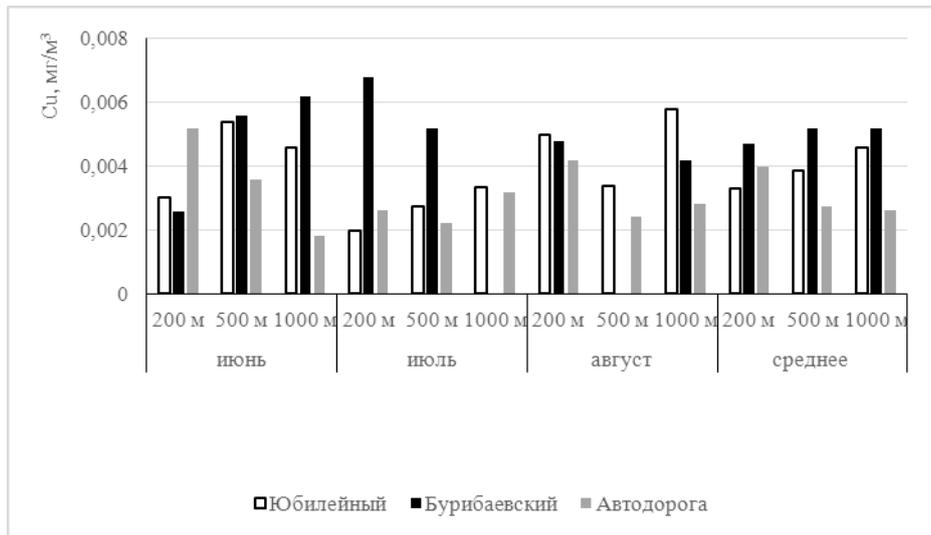
Для объективной оценки загрязнения атмосферного воздуха исследования проводились ежемесячно в летний период 2018 г. Для сбора взвешенных частиц воздуха были приготовлены кусочки ткани из хлопка размером 10 × 10 см. Данные образцы ткани фиксировали на высоте 40 см, 70 см, 100 см от поверхности земли и на расстоянии 200 м, 500 м, 1000 м от Юбилейного и Бурибаевского карьеров и автодороги Юлдыбаево – Акъяр – Сара.

В образцах с пылевыми частицами атмосферного воздуха определяли содержание ТМ (Cu, Zn, Fe, Pb, Cd) методом атомной абсорбции.

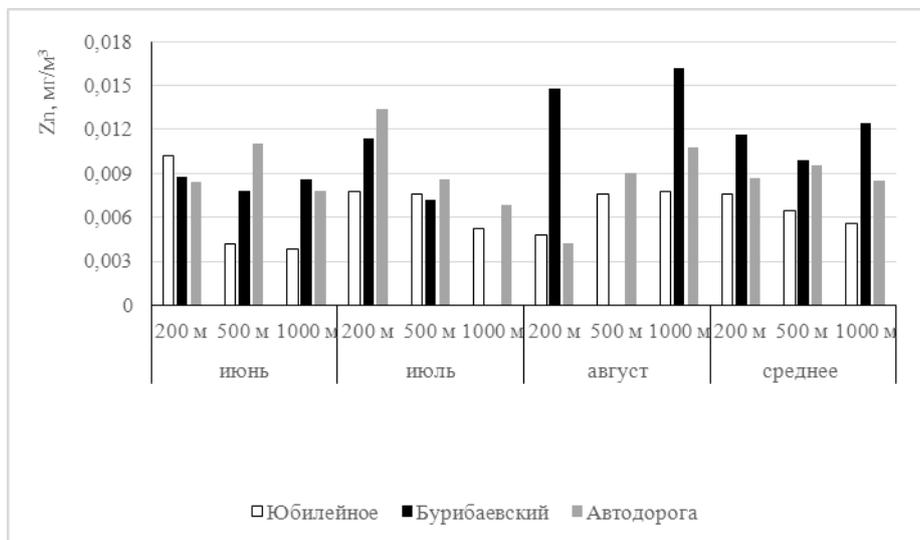
Результаты физико-химического анализа показали, что содержание Cu в воздухе района исследования варьировало в пределах от 0,0018 до 0,0068 мг/м<sup>3</sup> (рис. 1А). При этом наибольшая ее концентрация выявлена на максимальном удалении от карьера Юбилейный (1000 м). Вероятно, это связано с тем, что пробная площадка располагалась вблизи дороги, ведущей к карьере. В то же время содержание меди в воздухе вблизи автодороги Юлдыбаево – Акъяр – Сара снижалось по мере от ее удаления.

Из рисунка 1Б видно, что содержание цинка в воздухе изменялось от 0,0038 до 0,0162 мг/м<sup>3</sup>. Концентрация Zn увеличивалась по мере приближения к карьере Юбилейный, а для Бурибаевского карьера, наоборот, уменьшалась. Наибольшее его количество выявлено на расстоянии 1000 м, что, возможно, связано с той же причиной, что и для меди.

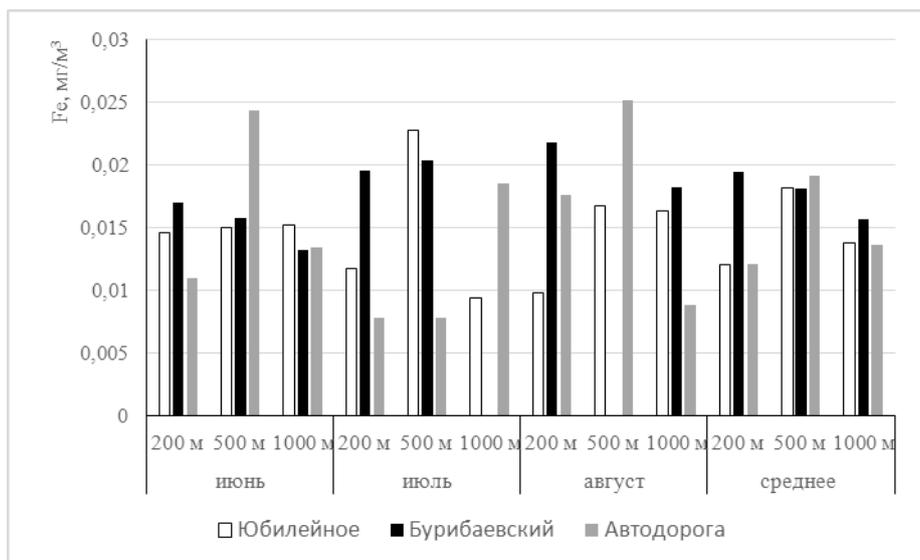
В то же время, концентрация соединений железа в воздухе варьировала в пределах от 0,0078 до 0,0244 мг/м<sup>3</sup> (рис. 1В). Наибольшее содержание Fe отличалось в 500 м от карьера Юбилейный и на автодороге. Следует отметить, что содержание железа увеличивалось по мере приближения к Бурибаевскому карьере.



(A)



(B)

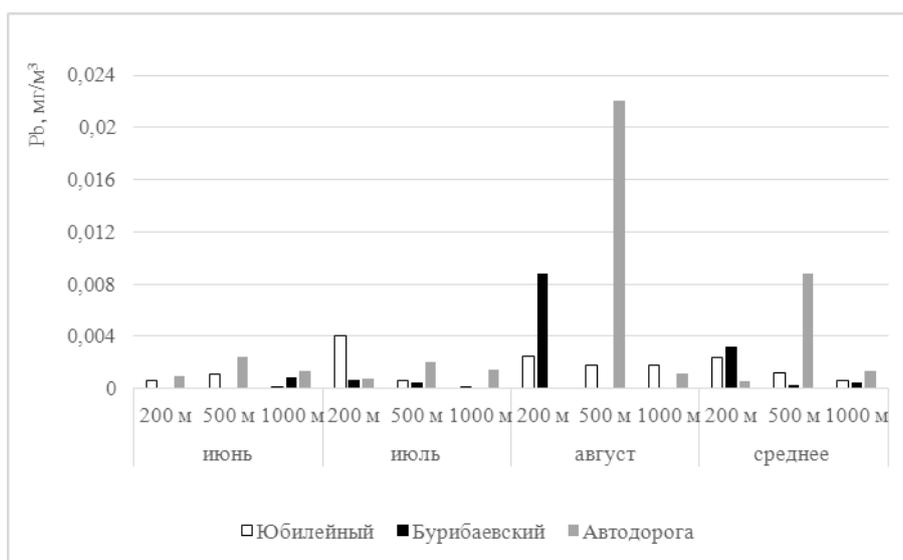


(B)

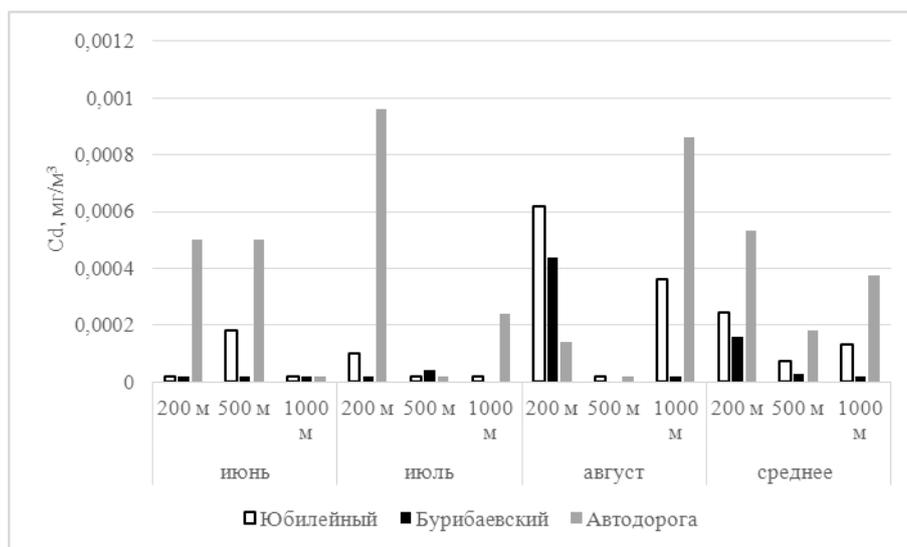
Рис. 1. Пространственно-временная изменчивость содержания меди (А), цинка (Б), железа (В) в атмосферном воздухе в районе исследования

Из рисунка 2А видно, что содержание Рb в атмосферном воздухе района исследования изменялось от 0,00002 до 0,022 мг/м<sup>3</sup>. В то же время, наибольшая концентрация данного металла в воздухе выявлена на 500 м от автодороги Юлдыбаево – Акъяр – Сара.

Концентрация же кадмия в атмосферном воздухе варьировала от 0,00002 до 0,00096 мг/м<sup>3</sup> (рис. 2Б). Наибольшее его содержание зафиксировано на расстоянии 200 м от карьеров и автодороги в августе 2018 г. Вероятно, это связано изменением ветрового режима в районе исследования. Однако наблюдалась тенденция снижения средней концентрации металла по мере удаления от карьеров, в отличие от автодороги.



(А)



Б

Рис. 2. Пространственно-временная изменчивость содержания свинца (А) и кадмия (Б) в атмосферном воздухе в районе исследования

Исследуемые металлы в условиях района исследования по их среднему содержанию в атмосферном воздухе образуют убывающий ряд: Fe > Zn > Cu

> Pb > Cd. При этом концентрация Cu увеличивалась по мере удаления от карьеров, а автодороги – наоборот. Содержание Zn уменьшалось при удалении от карьера Юбилейный, Fe и Cd – от Бурибаевского карьера, Pb – от изученных карьеров. В остальных случаях закономерных изменений содержания данных металлов в атмосферном воздухе не было выявлено, что, по-видимому, связано с влиянием других факторов.

#### Литература

1. Дабахов М. В., Дабахова Е. В., Титова В. И. Тяжелые металлы: Экотоксикология и проблемы нормирования. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. 165 с.

### ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ РТУТЬСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

*И. А. Даровских, С. Л. Фукс*

*Вятский государственный университет,  
darovskikh\_irina@mail.ru, tzb\_fuks@vyatsu.ru*

Ртуть обладает уникальными свойствами, вследствие чего она широко применяется в различных сферах, несмотря на высокую токсичность ее соединений.

В результате применения ртути в современной промышленности некоторая ее часть, попадая в отходы, подлежит переработке и возврату в цикл производства. Кроме того, существуют и безвозвратные потери ртути, которые неизбежно оказываются в окружающей среде.

Предприятия прошлых лет длительное время передавали ртутные отходы в общие секции шламонакопителей, а загрязненную воду сбрасывали в водоемы и водотоки. В связи с этим практически все природные среды имеют в своем составе определенное количество ртути. Накопленные соединения ртути оказывают существенное отрицательное влияние на состояние близлежащих территорий. В грунтах промплощадок производств, использующих ртутные соединения, концентрация ртути достигает критических значений. Например, количество ртути, аккумулированное на территории предприятия по производству хлора и гидроксида натрия ртутным способом (г. Кирово-Чепецк), накопившееся в течение полувека, достигает сотен тонн. Такая же картина наблюдается и на других предприятиях [1, 2].

Площадь загрязнения ежегодно расширяется и занимает тысячи квадратных метров. В связи с этим необходимо минимизировать распространение ртути на прилегающие территории, создав водонепроницаемый барьер, исключающий пополнение ее содержания за счет ливневых вод и продолжающихся поступлений сточных вод и металлической ртути в результате разливов [3].

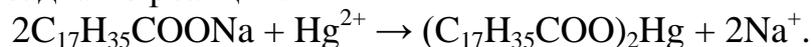
В настоящее время отсутствует надежная технология очистки сточных и грунтовых вод от валовых и растворимых форм ртути. Традиционная реа-

гентная схема очистки сточных вод от тяжелых металлов в данном случае не применима, так как не способна снизить содержание ионов ртути в воде до требований установленных нормативов. Кроме того, существует опасность повышения общего солесодержания раствора за счет введения дополнительных реактивов [4]. Решить данную проблему можно путем комбинирования реагентного и физико-химического методов очистки.

Следовательно, актуальным является разработка методов надежной очистки промливневых стоков от ртути и ремедиация загрязненных участков грунта. При условии невозможности изъятия грунта для его демеркуризации следует разработать условия иммобилизации ртутного загрязнения в месте его образования.

В данном случае наиболее эффективным способом очистки воды от ртути является физико-химическое взаимодействие коллоидных растворов солей органических соединений с  $\text{Hg}^{2+}$ . Например, стеариновая кислота и ее соли способны образовывать малорастворимые соединения с ионами тяжелых металлов, в том числе с  $\text{Hg}^{2+}$ .

Для осуществления процесса осаждения раствор стеарата натрия с концентрацией 2000 мг/л смешивали с растворами модельной сточной воды с концентрациями ионов ртути 18, 72 и 144 мг/л. При контакте стеарата натрия с истинным раствором, содержащим ионы  $\text{Hg}^{2+}$ , происходило образование гелеобразного осадка по реакции:



Установлено, что наиболее полно образование стеарата ртути возможно при температуре 65–70 °С.

Для определения содержания растворимых форм ртути в воде разработан метод титрования воды 0,02 Н трилоном Б при повышенной температуре.

Концентрацию  $\text{Hg}^{2+}$  определяли в исходном растворе, в дисперсии и в фильтрате. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

**Результаты процесса очистки сточной воды  
методом осаждения и фильтрации**

Концентрация $\text{Hg}^{2+}$ в модельной сточной воде, мг/л	Концентрация $\text{Hg}^{2+}$ в нефильтрованном растворе, мг/л	Концентрация $\text{Hg}^{2+}$ в фильтрате, мг/л	Эффективность очистки методом осаждения и фильтрации, %
18	< 0,00001	18,0	0
72	< 0,00001	41,8	41,94
144	< 0,00001	28,0	80,56

В результате протекания реакции отмечено образование устойчивой к осаждению коллоидной системы, состоящей из гелеобразного и хлопьеобразного осадка белого цвета, растворимые формы ртути в которой не обнаружены. Произведение растворимости соли  $\text{Hg}(\text{RCOO})_2$  ниже  $1 \cdot 10^{-15}$  [5]. Оказалось, что после отделения жидкой фракции от осадка концентрация  $\text{Hg}^{2+}$  выше, чем в дисперсии, и обратно пропорциональна концентрации  $\text{Hg}^{2+}$  в сточной воде.

На рисунке представлена зависимость эффективности очистки сточной воды, имеющей различные концентрации, при помощи коллоидного раствора стеарата натрия.

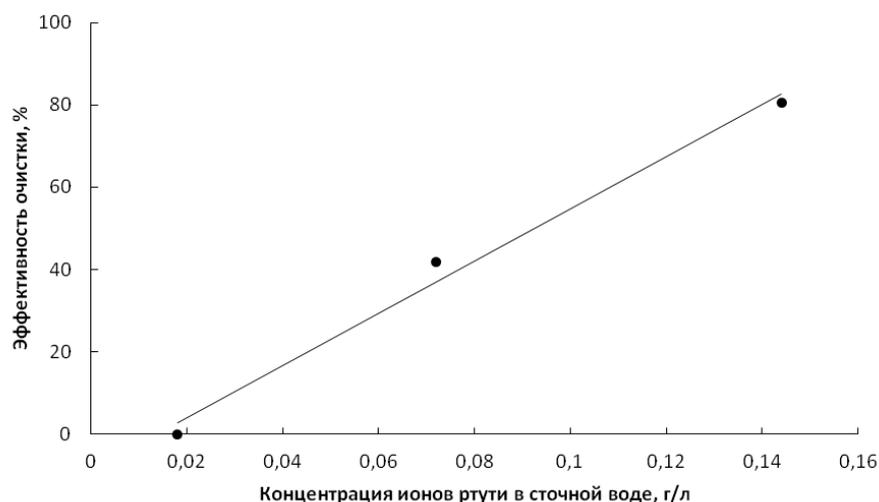


Рис. Зависимость эффективности очистки от концентрации ионов ртути в сточной воде, очищенной стеаратом натрия

Очевидно, что при отделении стеарата натрия происходит изменение равновесия концентраций веществ, и, как следствие, разрушение соединения стеарата ртути. Тем же принципом объясняется увеличение эффективности осаждения с повышением концентрации ртути в исходном растворе: при наличии избытка исходных веществ реакция протекает в прямом направлении, ее равновесие смещается в сторону образования продуктов реакции, в том числе за счет частичного нарушения условий химической адсорбции ионов ртути агрегатами стеарата ртути. Следовательно, при иммобилизации ртути в почвенных растворах почвогрунтов промплощадки, происходящей без отделения почвенного раствора от образующихся нерастворимых в воде стеаратов ртути, количество ионов ртути ниже нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.

Таким образом, установлена возможность очистки сточной воды от растворимых форм ртути путем ее иммобилизации в почвенных растворах.

#### Литература

1. Янин Е. П. Опыт ремедиации загрязненной ртутью территории (город Марктредевиц, Германия) // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2009. № 9. С. 70–95.
2. АСАР. 2005. Оценка поступления ртути в окружающую среду с территории Российской Федерации: План действий Совета Арктики по предотвращению загрязнения Арктики (АСАР/ПДСА). СПб.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору в сотрудничестве с Датским Агентством по охране окружающей среды, 2005. 312 с.

3. Фукс С. Л., Филатов В. Ю., Хитрин С. В., Девятерикова С. В. Изучение возможности снижения ртутных загрязнений почвенного слоя промзоны химического предприятия // Теоретическая и прикладная экология. № 2. 2019.
4. Бобылева А. В., Домрачева В. А. Извлечение ртути сорбентами в статических условиях // Второй международный симпозиум ртуть в биосфере: эколого-геохимические процессы: Сб. трудов РАН. Новосибирск, 2015. С. 43–46.
5. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1989. 448 с.

## **ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ РЕК АФАНАСЬЕВСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Т. И. Кутявина<sup>1</sup>, М. В. Порубова<sup>1</sup>, Т. Я. Ашихмина<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com*

В условиях неблагоприятной окружающей среды, роста городов и развития промышленности важной задачей современности является сохранение здоровья населения и своевременное оповещение о состоянии окружающей среды с целью выявления причин различных патологий и хронических заболеваний. Оценка качества водных объектов необходима как для решения проблем здравоохранения, так и для эффективного управления водными экосистемами [1].

Цель работы – оценка качества воды в реках, протекающих по территории Афанасьевского района Кировской области, по результатам физико-химического анализа проб воды. Для изучения были выбраны 4 водотока, протекающих по территории района. Это реки Сюзьва, Колыч, Чус и Кама, входящие в Камский бассейновый округ.

Для отбора проб воды были выбраны участки рек, расположенные вблизи автомобильных дорог. В то же время, берега этих участков часто используются местными жителями в рекреационных целях, так как находятся на большом расстоянии от промышленных объектов. На каждом участке было выбрано по одному пункту отбора воды, всего 4 пункта. Пункты отбора проб воды из рек Сюзьва (№ 1), Колыч (№ 2), Чус (№ 3) расположены на участках рек под автодорожными мостами, пункт отбора воды из р. Кама (№ 4) – вблизи п. Афанасьеве Кировской области. Пункт отбора № 2 находится вблизи д. Усть-Колыч, пункты отбора № 1, 3 находятся на расстоянии 5 км от населенных пунктов. Отбор проб воды из рек проводили дважды: в октябре 2017 и октябре 2018 гг.

Физико-химический анализ проб воды проводили по аттестованным методикам измерений в аккредитованной научно-исследовательской экоаналитической лаборатории Вятского государственного университета. В ходе анализа были определены следующие показатели: водородный показатель (рН) – потенциометрическим методом; ионы аммония, нитрат- и фосфат-ионы, химическое потребление кислорода (ХПК) – фотометрическим; пер-

манганатная окисляемость – титриметрическим; электропроводность – кондуктометрическим методом.

Результаты гидрохимического анализа проб воды из рек Сюзьва, Колыч, Чус и Кама за 2017 г. представлены в таблице 1, за 2018 г. – в таблице 2.

Таблица 1

**Результаты физико-химического анализа проб воды  
из рек Афанасьевского района (октябрь 2017 г.)**

Показатель, единицы измерения	Название реки			
	Сюзьва	Колыч	Чус	Кама
Водородный показатель, ед. рН	7,7±0,2	7,9±0,2	7,7±0,2	7,9±0,2
Ион аммония, мг/дм <sup>3</sup> (в пересчете на азот)	1,79±0,38	0,59±0,21	2,7±0,5	0,37±0,13
Нитрат- ионы, мг/дм <sup>3</sup>	0,52±0,09	2,7±0,5	2,3±0,4	0,42±0,08
Фосфат-ионы, мг/дм <sup>3</sup>	< 0,05	< 0,05	0,093±0,015	0,062±0,010
Перманганатная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	26,9±2,7	10,6±1,1	11,0±1,1	10,7±1,1
ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	28±8	18±5	21±6	19±6
Удельная электропроводность, мкСм/см	90±9	261±13	173±9	314±16

По реакции среды в 2017 г. вода в изученных реках характеризовалась как слабощелочная (табл. 1). Концентрация биогенных элементов (азота и фосфора) была максимальной в р. Чус, минимальной – в р. Кама. Высокие концентрации фосфат-ионов в реках Чус и Кама могут быть связаны с сезонными явлениями. Как известно, минимальные концентрации фосфатов в поверхностных водах наблюдаются обычно весной и летом, максимальные – осенью и зимой [2]. Содержание органических веществ, о котором можно судить по показателям перманганатная окисляемость и ХПК, в р. Сюзьва было в 1,5–2 раза выше по сравнению с другими реками. Общая минерализация воды всех изученных рек в 2017 г. была невысокая, о чем свидетельствуют результаты определения электропроводности.

Таблица 2

**Результаты физико-химического анализа проб воды  
из рек Афанасьевского района (октябрь 2018 г.)**

Показатель, единицы измерения	Название реки			
	Сюзьва	Колыч	Чус	Кама
Водородный показатель, ед. рН	7,7±0,2	8,0±0,2	7,3±0,2	7,5±0,2
Ион аммония, мг/дм <sup>3</sup> (в пересчете на азот)	7,7±1,6	0,54±0,19	0,36±0,13	0,42±0,15
Нитрат- ионы, мг/дм <sup>3</sup>	0,79±0,14	0,73±0,13	0,99±0,18	0,34±0,06
Фосфат-ионы, мг/дм <sup>3</sup>	< 0,1	< 0,1	0,20±0,05	0,23±0,06
Перманганатная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	24,2±2,4	9,3±0,9	7,8±0,8	12,2±1,2
ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	32±10	82±16	20±6	47±14
Удельная электропроводность, мкСм/см	138±14	314±16	254±13	278±14

В 2018 г. (табл. 2), по сравнению с 2017 г., отмечено увеличение концентрации аммонийного азота в р. Сюзьва в 4 раза и уменьшение в р. Чус в 7 раз. Содержание нитрат-ионов в реках Колыч и Чус снизилось. В реках Чус и Кама отмечено увеличение содержания фосфат-ионов более, чем в 2 раза, в реках Сюзьва и Колыч, как и в 2017 г., концентрация фосфатов была ниже предела обнаружения методики измерений. В 2018 г. увеличилось содержание трудноокисляемых органических веществ в реках Колыч и Кама, о чем свидетельствуют результаты определения ХПК в пробах воды. Общая минерализация воды в 2018 г. во всех реках изменилась незначительно.

Полученные результаты гидрохимического анализа (табл. 1, 2) сравнивали с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) для водоемов и водотоков культурно-бытового [3] и рыбохозяйственного назначения [4]. Зафиксированы превышение ПДК для аммонийного азота в р. Сюзьва (2017, 2018 гг.) и р. Чус (2017 г.), для фосфат-ионов – в реках Чус и Кама в 2017 и 2018 гг. Основными источниками поступления ионов аммония в водные объекты являются животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельхозугодий в случае использования аммонийных удобрений [2], однако вблизи участков отбора проб такие объекты отсутствуют. Согласно классификации по содержанию аммонийного азота в водном объекте [2], вода в реках Колыч, Чус и Кама является загрязненной, в р. Сюзьва – грязной. Превышение установленного норматива по показателю ХПК [3] отмечено в 2018 г. во всех объектах исследования, кроме р. Чус, что может быть связано с поступлением органических веществ с поверхностным ливневым стоком с водосбора.

Таким образом, по результатам гидрохимического анализа за 2017–2018 гг., можно оценить степень загрязнения рек Кама, Сюзьва, Чус и Колыч. Она изменяется от умеренно-загрязненной до грязной, что может быть связано как с природными факторами, так и с поступлением загрязняющих веществ в водные объекты с водосборов.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых учёных – кандидатов наук (МК-86.2019.5).*

### Литература

1. Забурдаева Е. А. Биоиндикация, диагностика и нормирование качества пресных вод с учетом природных особенностей и назначения водных объектов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2008. 26 с.
2. Петин А. Н., Лебедева М. Г., Крымская О. В. Анализ и оценка качества поверхностных вод. Учебное пособие. Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. 252 с.
3. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
4. Приказ № 552 от 13.12.16 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 12 октября 2018 года).

## ОЦЕНКА ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ р. ЛЮЛЬЧЕНКИ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ОБЪЕКТА РЕКРЕАЦИИ

*Т. А. Мусихина, М. А. Рыбакова, Е. Д. Четверикова, А. Ю. Маньков*  
*Вятский государственный университет, usr04011@vyatsu.ru*

По территории г. Кирова протекает малая река Люльченка, верхнее и среднее течение которой проходит по застроенной территории города. Исток реки расположен в микрорайоне Мирный (Ленинский район) на садовых участках рядом с улицей Щорса. Устье р. Люльченки находится за чертой г. Кирова на 669 км по левому берегу р. Вятки (впадение в Вятку происходит через протоку Прорву).

По данным [1] длина реки составляет 28 км, а площадь водосборного бассейна – 92 км<sup>2</sup>, поэтому ее можно отнести к малым рекам. Относительно источников питания река относится к типу смешанного с преобладанием снегового. Водный режим – с весенним половодьем. Водоохранная зона р. Люльченки составляет 100 метров, прибрежная защитная полоса – 50 метров. При проведении визуального обследования берегов в центре города были найдены ртутные лампы, аккумуляторы, автомобильные шины и другие бытовые отходы.

Качество воды в реке регулярно не контролируется, результаты разовых замеров в 3-х створах (исток, среднее течение и нижнее течение) показали, что в воде имеются превышения санитарно-гигиенических нормативов по традиционным для городской среды ингредиентам.

Большую долю в загрязнение воды р. Люльченки в верхнем и среднем ее течении вносят следующие организованные выпуски ливневых стоков: ливневая канализация завода «Сельмаш» (расстояние от завода до реки Люльченки составляет 480 метров); ливневая канализация завода «Маяк» (очистные сооружения не обслуживаются); ливневая канализация «Завода им. 1 Мая»; ливневая канализация ТЦ «Планета»; ливневая канализация АЗС «Башнефтепродукт».

Среди неорганизованных стоков наибольшую угрозу в этой части представляет негерметичный магистральный канализационный коллектор, пересекающий р. Люльченка в районе улиц Производственная и Солнечная и другие периодические аварийные разливы в водоохранной зоне реки. Негативно на р. Люльченку влияет также не очищаемый ливневый сток с проезжей части улиц Производственная, Солнечная, Московская, Сормовская и Лепсе.

Как уже отмечалось, качество воды реки Люльченки по химическим показателям не позволяет ее использование для питьевых и культурно-бытовых целей, однако это не исключает возможность использовать прибрежные территории для организации зеленых прогулочных зон после их благоустройства. В пользу этого говорит тот факт, что в городе Кирове не соблюдаются нормативные требования по достаточности озелененных мест общего пользования для городского населения, а заболоченные прибрежные зо-

ны р. Люльченки при условии экологической реабилитации вполне могут стать зелеными зонами общего пользования, поскольку большая часть реки протекает по селитебным зонам и находится в шаговой доступности населения. Кроме того, получив статус зеленых зон общего пользования, эти территории смогут улучшить далеко не идеальный показатель озелененности города Кирова.

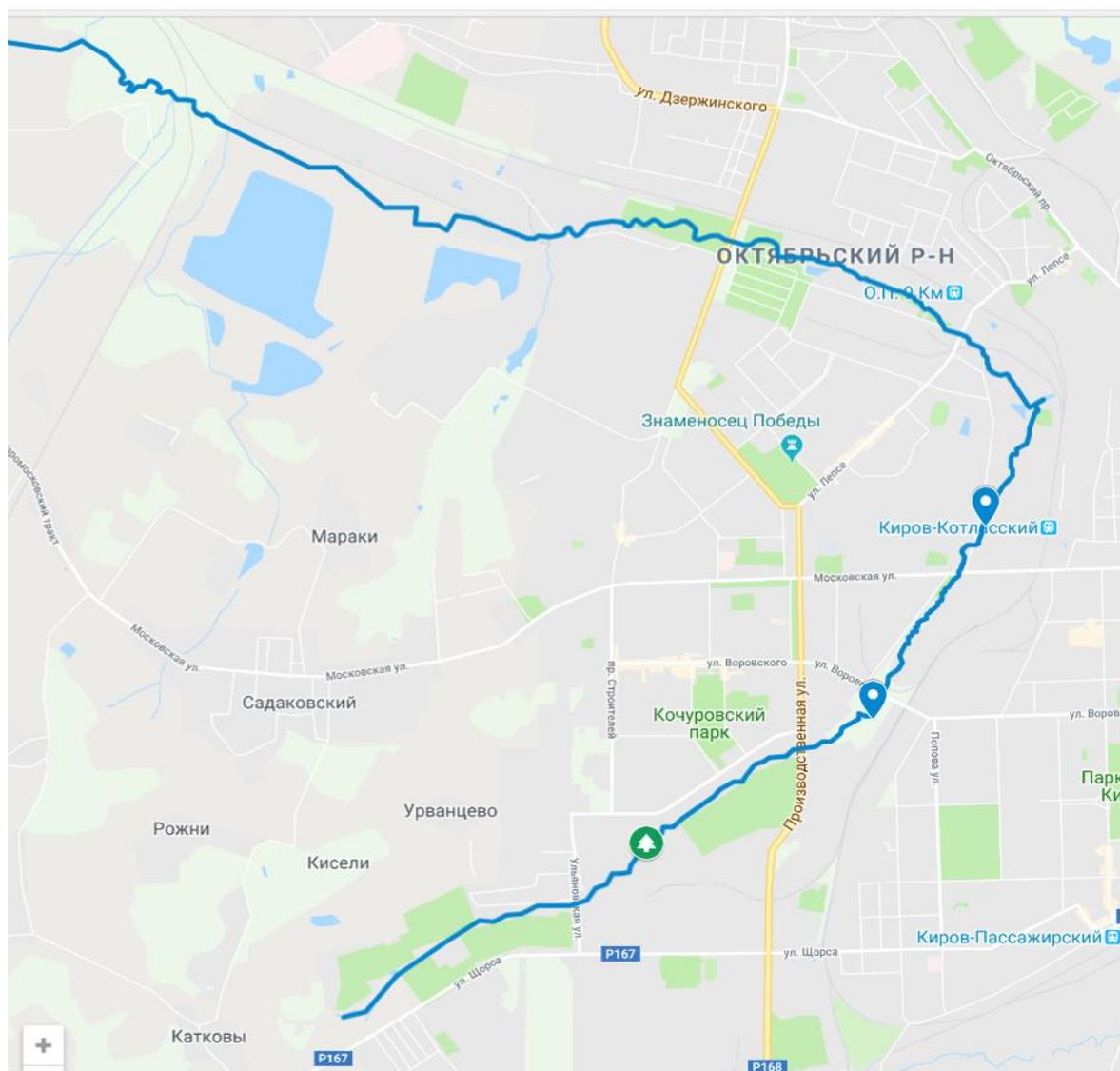


Рис. Русло р. Люльченки в черте г. Кирова

Реку Люльченку относительно перспективности рекреационного использования ее водоохранной зоны целесообразно разделить на 8 участков (зон): 1 – от истока реки до населенного пункта Мирный; 2 – от Мирного до улицы Производственной; 3 – от улицы Производственной до улицы Воровского; 4 – от улицы Воровского до улицы Московской; 5 – от улицы Московской и 500 м вдоль улицы Романа Ердякова до улицы Сормовской; 6 – вдоль улицы Сормовской до улицы Лепсе; 7 – от улицы Лепсе до пруда на улице Северо-Садовой; 8 – от попуска пруда до устья.

Рассматривая ландшафт прибрежных зон, их местоположение относительно жилых микрорайонов, развитость инфраструктуры и, учитывая количество проживающего населения, можно выделить 1-й, 6-й и 8-й участки, где размещать прогулочные зоны не целесообразно, поскольку прилегающие территории относятся к промышленной зоне. Наоборот, эти участки требуют проведения интенсивных водоохраных мероприятий.

Остальные зоны пригодны для размещения городских рекреационных зон при условии разработки проектов по их благоустройству. При этом следует отметить приоритетные участки реки, которые расположены в непосредственной близости к месту проживания граждан. К ним относятся 3-й и 4-й участки реки, поскольку они протекают по территории спальных районов города с развитой инфраструктурой и с большим количеством торговых центров, рядом с которыми целесообразно размещать объекты рекреации.

Таким образом, анализ состояния существующей городской застройки вдоль русла реки, экологического состояния берегов и данные химического анализа воды р. Люльченки позволили выделить 8 зон относительно перспективы более рационального использования прибрежных и водоохраных зон реки. При этом 1-я, 6-я и 8-я зоны требуют постоянного контроля относительно минимизации техногенного воздействия, а остальные пригодны для организации рекреационных мест отдыха населения при условии проведения мероприятий по благоустройству. Среди них 3-я и 4-я зоны имеют приоритет для первоочередной разработки проекта по благоустройству с организацией ливневых очистных сооружений.

#### **Литература**

1. Каталог малых рек Кировской области. Утв. решением Кировского облисполкома № 74 от 28.02.91. Куменская типография, 1991.
2. Лебедева Е. В., Михалев Д. В. Водные объекты урбанизированных территорий (на примере Московского региона) // Аналитический журнал об экологическом обустройстве бизнес-пространства. 2008. № 6(18). С. 85.

### **РЕКА ХЛЫНОВКА КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕНТОЧНОГО ПАРКА В г. КИРОВЕ**

*Т. А. Мусихина, Л. А. Кацак, Д. А. Кондратьев, А. Д. Клиндухова*  
*Вятский государственный университет, usr04011@vyatsu.ru*

Под ленточными парками понимаются парковые зоны вдоль берегов рек. В городе Киров есть возможность для появления таких прогулочных зон. Берега малых городских рек после расчистки и благоустройства могут стать местом для отдыха жителей г. Кирова. В перспективе ленточные парки должны стать новыми живописными местами отдыха горожан.

Проведено исследование берегов малой реки Хлыновки для создания ленточного парка с целью расширения площадей озелененных зон общего пользования населения г. Кирова.

Река Хлыновка является левым притоком реки Вятки. Она берет начало в Кирово-Чепецком районе, далее на протяжении почти десятка километров протекает по г. Кирову и впадает в р. Вятку в черте города. Согласно данным из Каталога рек Кировской области [2] длина реки составляет 10 км, площадь водосбора – 80,4 км<sup>2</sup>, ширина в межень в устье – 6 м, а глубина в летний период – 20–50 см. Минимальная ширина водоохранной зоны составляет 50–100 м. Основными достоинствами р. Хлыновки для организации зон отдыха является то, что речной сток не регулируется, организованные сбросы сточных вод не осуществляются.

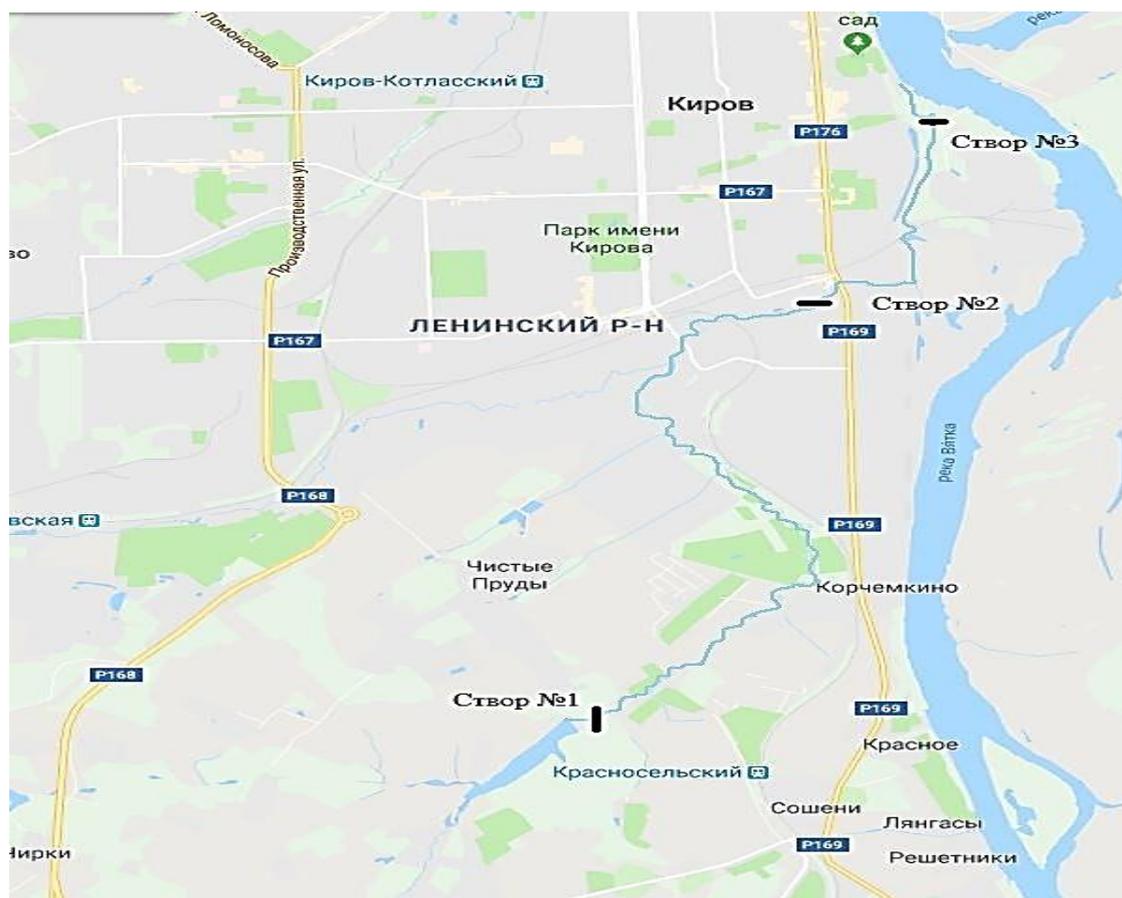


Рис. 1. Расположение створов отбора проб на реке Хлыновке

Для оценки качества воды по химическим показателям был проведен анализ химического состава воды в трех створах: исток (фоновый створ); в месте пересечения улиц Ленина и Блюхера и в районе Трифонова монастыря. На рисунке 1 обозначены створы, в которых происходил отбор проб, в таблице 1 указаны координаты этих створов.

Таблица 1

**Координаты створов**

Номер створа	Широта, град. мин. сек.	Долгота, град. мин. сек.
№ 1 (исток)	58°36'17"	49°41'34"
№ 2 (в черте города)	58°38'36"	49°68'29"
№ 3 (устье)	58°53'64"	49°64'64"

Перечень анализируемых веществ был выбран, исходя из возможностей лаборатории. В таблице 2 показаны полученные результаты и соответствующие значения предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [3]. При этом, однозначных оценок по соответствию качества воды гигиеническим нормативам выполнять не вполне корректно ввиду отсутствия аккредитации лаборатории.

Таблица 2

**Содержание ионов и веществ в воде реки Хлыновки (мг/дм<sup>3</sup>)**

Ион / вещество	Створ № 1	ПДК	Створ № 2	ПДК	Створ № 3	ПДК
Хлорид-ионы	38,9	< 350	57,4	<< 350	32,8	<< 350
Сульфат-ионы	49,1	< 500	120,6	< 500	306,8	< 500
Нитрат-ионы	10,9	< 45	38,7	< 45	37	< 45
Железо	Не определено	0,3	0,12	< 0,3	0,01	< 0,3
Магний	79,4	> 50	92,4	> 50	94,9	> 50
Цинк	Не определено	1	0,196	<< 1	0,212	<< 1
Кальций	99,1	< 110	104,2	< 110	86,1	< 110
Никель	Не определено	0,02	0,117	<< 0,02	0,161	<< 0,02

Сравнительный анализ результатов по створам показал, что качество воды в первом (фоновом) створе по большинству показателей с большой степенью вероятности можно отнести к нормативному. Следует также отметить, что превышения во всех створах наблюдается по марганцу, что, скорее всего, связано с формированием речного стока за счет болотных вод.

На рисунке 2 показано увеличение концентрации ионов по створам от истока к устью. Однако увеличение концентрации сульфат-ионов в замыкающем створе значительно выше остальных, что может быть связано с поступлением ливневых вод с загрязненных территорий автомобильных дорог.

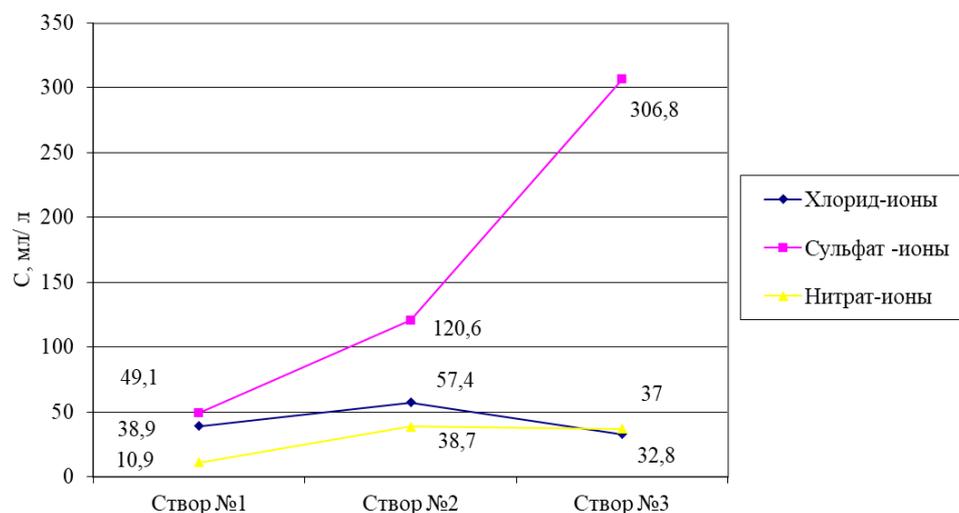


Рис. 2. Изменение концентрации ионов по створам

Гидрохимические исследования р. Хлыновки показали, что река, протекая по городской черте, в целом не утратила ассимилирующую способность, поэтому во многом располагает для использования прибрежных территорий для организации ленточных парков.

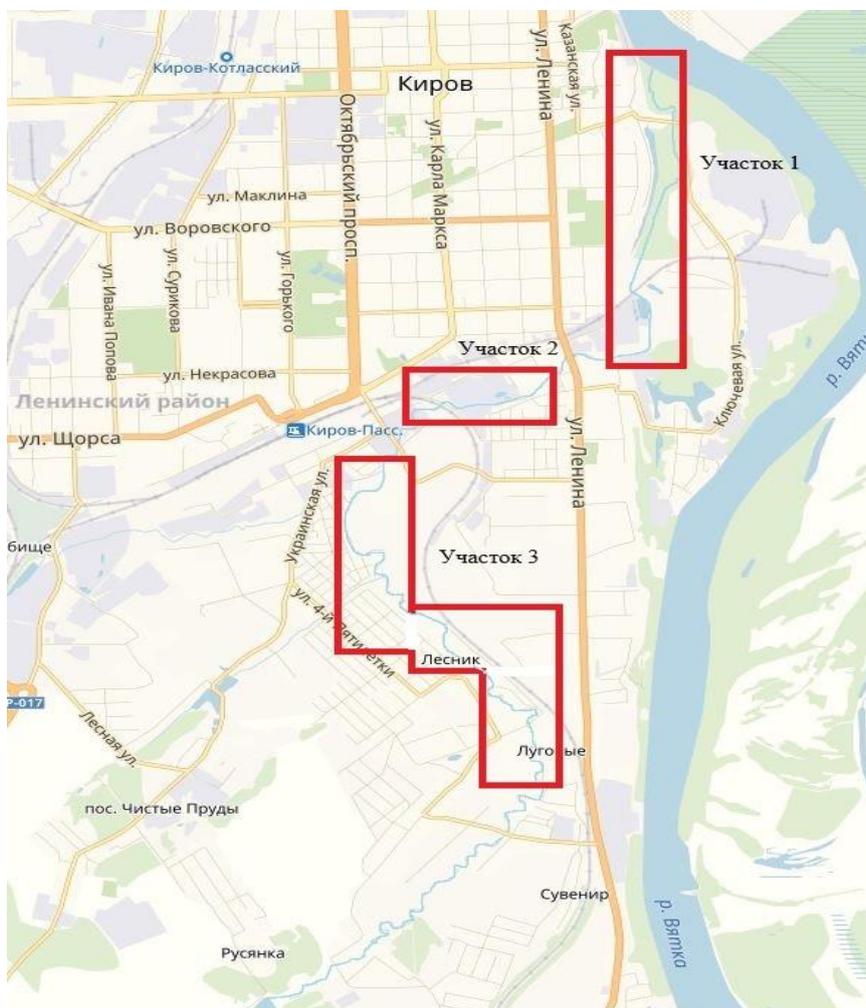


Рис. 3. Предложенные для благоустройства участки р. Хлыновки

Анализ городской инфраструктуры в районах протекания реки показал, что можно выделить следующие участки реки в границах города Кирова:

- 1) от 0 до 3,1 км от устья реки;
- 2) от 3,2 до 4,2 км от устья реки;
- 3) от 5 до 7,45 км от устья реки.

Их местоположение представлено на рисунке 3. Наилучшим местом для формирования ленточного парка являются участки 2 и 3.

Участок 1 проходит через хозяйственно складские помещения, поэтому в настоящее время формирование там ленточного парка нецелесообразно. Участок 2 проходит через центр города в спальном районе, где большая плотность населения. Участок 3 проходит через новый микрорайон «Чистые Пруды» и прекрасно впишется в ландшафт и станет отличительной особенностью этого микрорайона.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что сложившаяся инфраструктура, экологическое состояние берегов и воды реки Хлыновки позволяют организовать рекреационные зоны на участках 2 и 3 при условии проведения мероприятий по их благоустройству.

### **Литература**

1. Река Хлыновка [электронный ресурс] Travellers.ru URL: <http://www.travellers.ru/reka-khlynovka> (Дата обращения: 28.01.2019).
2. Каталог малых рек Кировской области. 1994.
3. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [электронный ресурс] Экосервис Технохим-М URL: <http://www.etch.ru/norma.php?art=4> (Дата обращения: 28.01.2019).

## **РЕКА ЛЮЛЬЧЕНКА В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ КАК ЧАСТЬ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ г. КИРОВА**

*Т. А. Мусихина, А. В. Папаева, О. А. Шабалина, Ю. А. Гарюгин  
Вятский государственный университет, [usr04011@vyatsu.ru](mailto:usr04011@vyatsu.ru)*

Городские реки – это, в первую очередь, понижение рельефа, куда стекаются все загрязненные урбанизационными процессами сточные воды. Любые аварии на канализационных сетях, сброс с негерметичных канализационных коллекторов, смыв с загрязненных территорий и автомобильных дорог приводят к попаданию значительной части неочищенных канализационных сточных вод в реку, которые резко меняют качество и свойства природных речных вод.

Река Люльченка, имея длину 28 км, большей своей частью протекает по городу Кирову. Бассейн реки составляет около 90 км<sup>2</sup> [1]. Источники питания: снег, дождь, грунтовые воды. Также к ним добавляется неорганизованный поверхностный смыв с прилегающих загрязненных территорий. На площади водосбора р. Люльченки в нижнем ее течении в районе улицы Луганской расположено несколько крупных предприятий: ТЭЦ-4, ООО «БиоХимЗавод» и «АВВА-Рус». Расположенные в непосредственной близости, они образуют техногенную составляющую северо-западной части общегородской природно-техногенной системы (ПТС), где р. Люльченка является естественной дренажной подземного стока с этой территории. Далее Люльченка, протекая через деревню Монастырская, впадает в боковую протоку Вятки, также известную как озеро Прорва.

На рисунке 1 о контурена территория техногенного северо-западного участка городской ПТС, северная граница которого совпадает с руслом р. Люльченки.

На западе этого участка ПТС расположены заполненные водой карьеры, образовавшиеся в результате изъятия глины для строительства дамбы золоотвала ТЭЦ-4. Южной и восточной границами являются дороги.

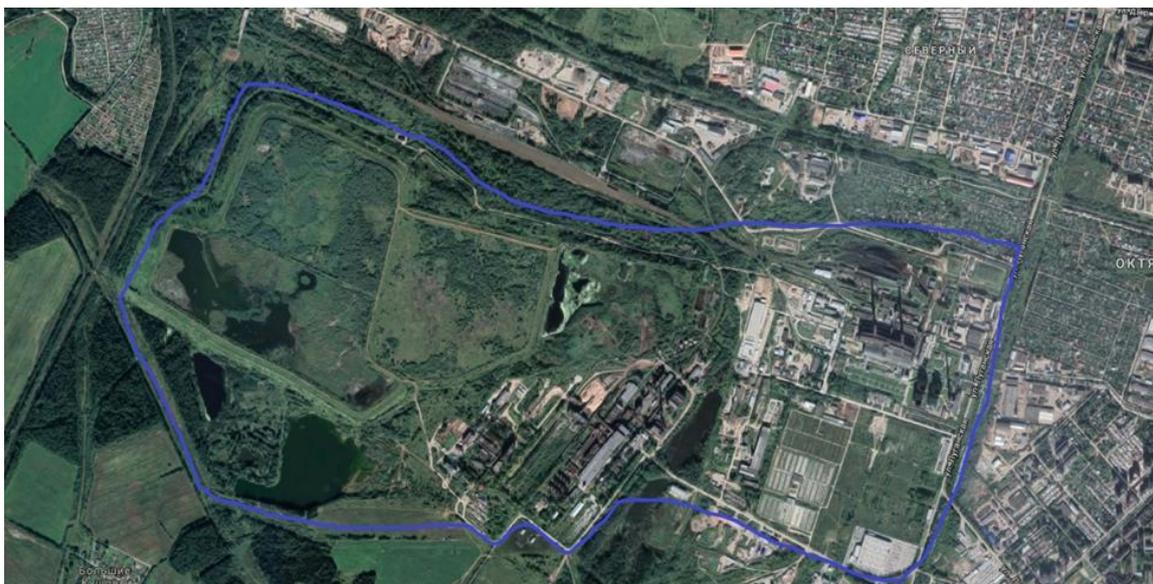


Рис. 1. Северо-западный участок ПТС Кирова  
в нижнем течении реки Люльченки

Кировская ТЭЦ-4 снабжает жилые дома, учреждения и предприятия теплом и горячей водой. Это производство связано со значительным негативным воздействием на состояние окружающей природной среды – прежде всего, загрязнение, связанное с выбросами в атмосферу, сбросом сточных вод, накопление в золоотвалах отходов. ТЭЦ-4 относится к предприятиям второго класса опасности, его ориентировочная санитарно-защитная зона (СЗЗ) составляет 500 метров (рис. 2) [2].



Рис. 2. Санитарно-защитная зона ТЭЦ-4 [2]

ТЭЦ-4 является крупным потребителем речной воды из реки Вятки, объем годового водопотребления составляет около 10 млн. м<sup>3</sup>. Сброс сточных вод ТЭЦ-4 осуществляется через 5 выпусков: 1 – в ручей без названия, 2 – в ручей без названия, 3 – в р. Люльченку, 4 – в р. Чернушку, 5 – в р. Вятку. Обратная система водоснабжения и очистные сооружения сточных вод позволяют несколько сократить сброс химических веществ. Однако загрязнение упомянутых водотоков является не только химическим, но и физическим, поскольку сбрасываемая вода имеет повышенную температуру.

Отходы ТЭЦ-4 складировались в золоотвале, который имеет гидроизоляцию на основании глиняного замка, благодаря которому предотвращается загрязнение подземных вод. В случае прорыва подложки сооружения загрязняющие вещества попадут в подземные воды, которые подпитывают р. Люльченку.

ООО «БиоХимЗавод» является крупным поставщиком на российский рынок фурфурола, фурановых соединений, технического этилового спирта и кормового белка. Завод относится ко второму классу опасности, его ориентировочная СЗЗ (рис. 3) составляет 300 м от источника выброса [2].



Рис. 3. Ориентировочная СЗЗ ООО «БиоХимЗавод» [2]

В процессе производства на ООО «БиоХимЗавод» образуется лигнин, который размещается на шламоотвале вблизи предприятия и представляет собой смесь нерегулярных полимеров родственного строения. Получаемый на заводах технический гидролизный лигнин обычно сильно загрязнен различными примесями и не идентичен по своему химическому строению, что значительно затрудняет его переработку и использование. Горение лигнина приводит к выбросу в атмосферный воздух вредных веществ, таких как метанол,

фенольные соединения, угарный газ, формальдегид и др., поэтому важно предотвращать возгорания шламоотвала и разрабатывать новые технологии по утилизации лигнина. Его вторичное применение позволит избежать экологического бедствия и улучшить эколого-экономические показатели ООО «Био-ХимЗавод».

Официальные данные по экологическим характеристикам кировского филиала фармацевтической компании «АВВАРус» отсутствуют.

#### Литература

1. Каталог малых рек Кировской области. Утв. решением Кировского облисполкома № 74 от 28.02.91. Куменская типография, 1991.

2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

### К ВОПРОСУ ОБ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*А. М. Прокашев, Е. С. Соболева, А. С. Матушкин, С. А. Пупышева*  
*Вятский государственный университет, amprokashev@gmail.com*

Идеи охраны природы и заповедного дела начали стихийно складываться еще в раннем средневековье. Первоначально они носили религиозно акцентированную, сакральную, окраску, как форму проявления языческого культа природы. В некоторой степени это сохранилось до наших дней в менталитете ряда коренных финно-угорских этносов Вятко-Камья, интуитивно ощущающих потребность в сохранении духовных уз с землей как материальной основой бытования на ней прародителей, которыми завещано сохранение потомками родовой культуры в новых поколениях.

Основатель мировой религии буддизма, индийский принц Сиддхартха Гаутама (6–5 вв. до н.э.), был одним из первых исторических деятелей – авторов экософской идеологии, этики и природоохранной эстетики [1]. Синтоизм – другой пример, на этот раз религии японцев, в которой почитается божественная сущность природы. Магомед (570–632) – основатель еще одной мировой религии, ислама, один из первых экофилософов, проповедавших этическое отношение к окружающему миру, учивших, что охрана природы должна осуществляться альтруистически, ради живых существ самих по себе, а не из корыстных интересов людей [1].

На научной основе вопросы охраны природы возникли значительно позднее – в начале XIX в. – в Германии. А. Гумбольдт в ходе экспедиций по Ю. Америке описал в Венесуэле исполинское дерево, назвав его «памятником природы», сравнив по ценности с памятниками искусства или истории [1]. Спустя примерно 100 лет термин стал популярным в научном обиходе – в США, Германии и России. На Североамериканском континенте получила развитие идея создания национальных парков, преимущественно с коммерческой ориентацией. Идеи своего соотечественника с научных позиций разви-

вал другой немецкий ученый – Гуго Ковенц – пионер охраны природы, оказавший большое влияние на развитие этого движения в мире. В 1904 г. им опубликована работа, где он изложил взгляды о необходимости введения особой категории памятников природы, подлежащих абсолютной защите [4]. В ней ученый отразил непреходящую научную, эстетическую, педагогическую и патриотическую ценности, предложив брать такие объекты под охрану государства. Последнее было реализовано им на практике путем организации нескольких полных резерватов на территории Германии и современной Польши. В России энтузиастами охраны природы того периода (1908–1928 гг.) является ряд ученых-биологов: И. П. Бородин [2–3], Г. А. Кожевников [5–6], В. И. Талиев [7], А. П. Семёнов-Тян-Шанский и др.

Взгляды этих ученых легли в основу Декрета СНК РСФСР «Об охране памятников природы, садов и парков», изданного в 1921 г. Несколькими годами позднее в стране была организована общественная и культурно-просветительская экологическая организация «Всероссийское общество охраны природы (1924), в которую были вовлечены широкие слои энтузиастов заповедного дела. Началась массовая организация заповедников, которая временами носила конъюнктурный характер, продиктованный столкновением сторонников идей охраны природы, с одной стороны, и апологетов ее преобразования в практических интересах людей, с другой. Более поздними важными государственными документами следует считать вышедший в 1960 г. «Закон об охране природы в РСФСР», а в постсоветский период закон «Об особо охраняемых природных территориях Российской Федерации» (1995), регламентирующие природоохранную практику на новых витках социально-экономического развития страны.

В Кировской области можно отметить наличие элементов стихийно сложившегося духовно-культурного сбережения природы, базирующегося на языческих обрядах, традиционно практикуемых среди представителей коренного финно-угорского этноса – марийцев и удмуртов нашего края и соседней Республики Марий-Эл и Удмуртской Республики. Примером могут служить священные рощи или Утёс Чимбулат (Чумбылатов камень) – почитаемое место на р. Немде в Советском районе Кировской области, святыня марийского народа и действующее языческое капище.

Начало целенаправленной деятельности по сохранению природного наследия вятской земли заслуженно связывается с именем исследователя-энтузиаста А. Д. Фокина. В 1960 г. им был составлен предварительный список ценных объектов природы на основе многочисленных краеведческих экспедиций. Затем последовало решение Кировского облисполкома (1962) «Об утверждении мероприятий по охране природы» с указанием в нем 32 ценных объектов.

С 1974 г. А. Н. Соловьевым была продолжена работа по выявлению ценных природных, природно-исторических и иных раритетов нашего края. При его заинтересованном участии к поиску природного наследия, помимо природоохранных учреждений, была привлечена научная общественность,

многие туристы-краеведы, руководители ученических походов (Е. И. Ворончихин и др.) [8].

Весомый вклад в природоохранную деятельность внесли представители вузовской науки и заповедного дела нашего региона. Не претендуя на полностью следует отметить большую роль таких ученых как Н. П. Савиных, Т. Я. Ашихмина, Л. В. Кондакова, О. Н. Пересторонина, Е. М. Тарасова и других, выявивших и/или разработавших научное обоснование на многие десятки перспективных территорий, нуждающихся в первоочередном резервировании в качестве эталонов живой природы и повышения степени репрезентативности сети ООПТ Вятского края. В итоге список природного и природно-исторического наследия г настоящему времени вырос до 208 объектов, но он может быть пополнен еще многими десятками.

В ходе природоохранной деятельности выкристаллизовались основные задачи и функции ООПТ: *ресурсные*, в т.ч. ресурсоохранные, ресурсовосстановительные; *экологические* (средообразующие, средозащитные); *научные* (научно-исследовательские, научно-информационные, коллекционно-документирующие); *образовательные* и *воспитательные* (учебно-дидактические, культурно-познавательные); *оздоровительные* (туристско-рекреационные); *духовно-нравственные*; *эстетические*.

В соответствии с Федеральным законом РФ 1995 г. определены базовые категории и соответствующие им режимы охраны ООПТ: заповедники (в Кировской области «Нургуш» в составе двух кластеров – Нургушского и Тулашорского); национальные парки (в области отсутствуют); природные парки (отсутствуют); памятники природы – с режимом бессрочной охраны элементов ландшафта (205, в т.ч.: геологические – 25, палеонтологические – 2, гидрологические – 57, гидрогеологические – 1, зоологические – 1, ботанические – 93, комплексные – 11, и др.). Группа ООПТ регионального и местного значения представлена: природными заказниками с временным изъятием из пользования – 13; лесопарками (1 – «Усталец»); природными экологическими тропами – 1; природными охраняемыми зонами; лечебно-оздоровительными местностями (4, в т.ч.: курорт «Нижне-Ивкино», ЛОМ «Вятские Увалы», ЛОМ «Митино»; ЛОМ санатория-профилактория ВМП «Авитек»); дендропарками и ботаническими садами [9].

В Кировской области решением местных властей, помимо перечисленных, выделены также дополнительные категории ООПТ: «Эколого-рекреационные зоны» и «Зеленые зоны» [10].

В настоящее время учеными выработан ряд биолого-географических принципов, которыми следует руководствоваться в области проектирования региональных сетей охраны природы. К числу наиболее важных можно отнести: территориальную целостность; геоэкологическую репрезентативность (ландшафтное разнообразие); обеспечение жизнеспособности и устойчивости популяций; поддержание природных (экологических и эволюционных процессов); ограниченность функциональных категорий ООПТ; соответствие пространственной конфигурации реальным местным условиям; соответствие

организационно-правовой формы ООПТ ее функциональным задачам; соблюдение субординации соподчинения между ООПТ с общей территорией при разных правовых режимах защиты; подчиненность местных резерватов ООПТ более высокого уровня (региональным и т.д.); открытость для дальнейшего расширения; трансграничность и др. Опираясь на некоторые из перечисленных принципов можно указать ряд первоочередных, связанных между собой научных, научно-организационных и нормативных задач, актуальных с точки зрения оптимизации региональной сети ООПТ.

Одной из основных задач для Кировской области является примерно трехкратное увеличение площади ООПТ – до общепринятых 10–11%; сейчас данный показатель не превышает 3,5%. Это может быть частично обеспечено за счет практической реализации давней идеи поэтапного создания национального (или природного) парка из нескольких кластеров вдоль наиболее интересных в научном и эстетическом отношении, прилегающих к долине Вятки участков в районе Известкового Завода (Слободской р-н) с живописными долинно-зандровыми боровыми ландшафтами, в районе урочища Куприха – Вишкиль – заповедник «Нургуш» под Котельничем с обилием чарующих глаз старичных озер и сложных по составу пойменных хвойно-лиственных и надпойменно-террасных сосновых лесов и, очевидно, в районе Кукарской, Атарской и Красносельской излучин с прекрасными, быстро меняющимися видами на суженную долину Вятки с живой гладью воды в обрамлении светло- и темнохвойных лесов и красочных луговых полей.

Перспективным видится расширение площади резерватов природы за счет введения новой категории ООПТ – почвенных заказников и мини-заповедников – в целях сбережения ареалов редких, уникальных, исчезающих почв нашего края с реликтовыми остаточными или погребенными гумусовыми горизонтами. В их профиле записана длительная история становления ландшафтов на позднеледниковом и постледниковом – голоценовом – этапах ее развития, что позволяет однозначно считать их памятниками природы вятской земли [11, 12]. Ранее нами выявлено значительное количество репрезентативных участков для этой цели, позволяющих параллельно увеличить и площадь охраняемых зеленых массивов. К сожалению, имеются признаки трансформации некоторых из подобных участков в результате лесозаготовительных работ в условиях введения в стране института частной собственности на землю и лицензионного природопользования. Одновременно с этим должна решаться задача создания особой, Красной книги почв, подобно широко культивируемым красным книгам растений и животных. Почвы – не менее ценные естественно-исторические биокосные тела, четвертое царство природы (по В. В. Докучаеву), поддерживающие сохранение и биоценологическую эволюцию мира живой природы. Они нуждаются в такой же заботе, как и представители флоры, фауны или биоценозы.

Наряду с категорией почвенных заказников и мини-заповедников рекомендуется введение еще одного типа – природно-техногенных – ООПТ. Именно к таковым по статусу фактически принадлежит памятник природы

местного значения «Жуковлянские песчаниковые конкреции» в Котельничском районе. По существу он является результатом спонтанного сотворчества природы и человека, возникшим в его современном облике в ходе карьерных работ при добыче песка. Аналогичная ситуация характерна и для высшей точки Кировской области – высоты 337 м (ур. Краснояр) в Афанасьевском районе, – вскрытой при изъятии гравийно-песчаных материалов и создавшей возможность знакомства с вертикальным строением этого песчано-гравийного (пугового) холма [13]. К настоящему времени он обеспечен детальной палеогеографической информацией, позволяющей использовать в качестве интересного геолого-геоморфологического объекта, с сохраненными в его «архивах» сведениями о важных событиях четвертичного этапа развития природы. Последнее важно тем, что в списке памятников природы Кировской области фигурирует сравнительно немного объектов, принадлежащих к категории геолого-геоморфологических и т.п. памятников. Следует положительно расценивать и идею увеличения числа биологических (ботанических) памятников природы за счет включения в их состав зональных типов ельников [14]. Нуждаются в дальнейшей инвентаризации и научной оценке т.н. священные рощи, по существу представляющие собой кульново-ботанические объекты местных финно-угорских народов. За счет перечисленных новых категорий памятников природы в сочетании с неохраняемыми естественными лесными, лесо-лугово-болотными и т.п. массивами это позволит ускорить доведение до желаемых размеров площадь ООПТ нашего края. В свою очередь это облегчит создание замкнутой сети экологических коридоров – еще одного из путей сбережения биоразнообразия на территории области и страны в целом.

Научного обсуждения заслуживает вопрос о допустимости и уместности вмешательства человека в ход природных процессов на ООПТ в целях поддержания спонтанно сложившегося статус кво. Имеется в виду категория комплексных (ландшафтных) памятников природы Вятского края (Белаевский бор и др.), где в последние годы практикуется полосная заготовка древесины под предлогом стабилизации эдафических условий путем искусственного осветления сосновых лесов. Данная процедура, вероятно оправданная с хозяйственной точки зрения, противоречит природоохранным принципам невмешательства человека в естественный ход природных процессов на охраняемых природных объектах. Это было признано рядом ученых в первые десятилетия природоохранного движения в нашей стране [2–3, 5–6].

Следует приветствовать идею развития сети экологических научно-познавательных троп, к осуществлению которой могут быть подключены широкие слои учительства. Вместе с тем, при разработке концептов маршрутов экотроп необходимо акцентировать большее внимание не только на биоте, что часто бывает, но и на абиотических компонентах – геологическом строении, рельефе, т.е. литогенной основе ландшафтов и истории их развития. Последнее позволит формировать более целостный взгляд на природу у экскурсантов в ходе прохождения маршрута экотроп, как это и имеет место в реальности. Вовлечение в поисковую работу научной общественности, учителей-

краеведов, организованных туристов и школьников могут обеспечить соответствующий резонансный эффект и придать очередной творческий импульс делу формирования экологической культуры и сбережения раритетного природного и природно-культурного наследия вятской земли. Необходимо и более всестороннее научное обеспечение каждого из уже выявленных или пока еще остающихся «вещью в себе» ценных природных объектов нашего края. В сочетании с другими идеями, в т.ч. изложенными в цитируемых источниках, сказанное поможет решению проблем оптимизации природоохраны и природопользования в Кировской области.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РГО: проект «Пуговые холмы – ландшафтные памятники Вятского края» (договор № 12/2018-Р).*

### Литература

1. Борейко В. Е. Прорыв в экологическую этику, Киев: Киевский эколого-культурный центр, 1999. 128 с.
2. Бородин И. П. Охрана памятников природы // Труды Ботанического сада Императорского Юрьевского университета. Т. 9. 1910. С. 301.
3. Бородин И. П. Охрана памятников природы», СПб., 1914. 31 с.
4. Конвенц Г. Практика охраны памятников природы. Киев: Эколого-культурный центр, 2000. 88 с.
5. Кожевников Г. А. Задачи охраны природы СССР // Охрана природы. № 1. 1928. С. 6–7.
6. Кожевников Г. А. Как вести научную работу в заповедниках // Охрана природы. № 2. 1928. С. 12–19.
7. Талиев В. И. Охраняйте природу. Харьков: Харьковское общество любителей природы. 1914. 7 с.
8. Соловьев А. Н. Заповедные места. Энциклопедия земли Вятской. Т. 7. Природа. 1997. С. 547–582.
9. Геопортал Кировской области. Перечень действующих ООПТ на территории Кировской области.
10. Соловьев А. Н. Памятники природы города Кирова и его окрестностей. Изд. 2-е, доп. Киров: АиСАН, 2017. 136 с.
11. География Кировской области. Атлас-книга / Под ред. Е. А. Колеватых, А. М. Прокашев, Г. А. Русских. Киров: Кир. обл. тип., 2015. 80 с.
12. Прокашев А. М. Почвы – памятники природы Кировской области // Вятская земля в прошлом и настоящем: Тезисы докладов сообщений к науч. конф. Киров, 1989. С. 188–189.
13. Прокашев А. М., Пахомов М. М., Бородатый И. Л., Пахомова О. М. Высота 337 м – геологический памятник природы Кировской области // Геологическое строение и перспективы развития минерально-сырьевой базы Кировской области. Киров, 1998. С. 46–47.
14. Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Киселёва Т. М., Шабалкина С. В. Особо охраняемые природные Территории Кировской области: современное состояние и перспективы развития // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2011. № 9 (104). Выпуск 15/1. С. 10–15.

## ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕНИЯ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО ПО ДАННЫМ С КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА SENTINEL-2

*В. В. Рутман<sup>1</sup>, Г. Я. Кантор<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com*

Проблема распространения инвазивного вида под названием борщевик Сосновского остается по-прежнему актуальной. Мониторинг распространения борщевика так же важен, как мониторинг других экологических проблем. Наблюдение за территориями, заросшими борщевиком, не только позволит дать оценку динамике его распространения, но и даст возможность проследить и выявить закономерности застарения земель. В сочетании с другими методами анализа состояния окружающей среды, представится возможность выявить благоприятные и неблагоприятные факторы распространения борщевика и, в дальнейшем, применять наиболее эффективные методы борьбы с распространением инвазивных видов, отслеживая их результаты [1].

Наиболее эффективным средством мониторинга можно считать космическую съемку. Архивы спутниковых данных содержат снимки территорий за многие годы, что позволит четко выявить динамику распространения или затухания природных и техногенных процессов и взаимовлияния объектов и процессов. Основной проблемой является идентификация зарослей борщевика на снимке и выявление его отличительных признаков.

В ходе исследования были проанализированы данные со спутника Sentinel-2 с апреля по октябрь 2017 и 2018 г. Использовались 4 канала с пространственным разрешением 10 м (синий В2, зеленый В3, красный В4 и ближний инфракрасный В8). Наиболее характерная особенность спектра отражения листьев борщевика Сосновского – очень высокий коэффициент отражения солнечного света в каналах В3 и В8, что резко выделяет борщевик на фоне других растений и позволяет легко идентифицировать его визуально [2].

Для подробного изучения спектральных особенностей борщевика Сосновского с учетом их сезонной динамики нами была выбрана территория с обширными зарослями борщевика в 10 км к югу от г. Кирова и составлен план этого участка при помощи съемки с квадрокоптера DJI Phantom 3 Standard и наземной фиксации границ зарослей при помощи навигационного радиоприемника Garmin GPSmap 60CSx (рис. 1).

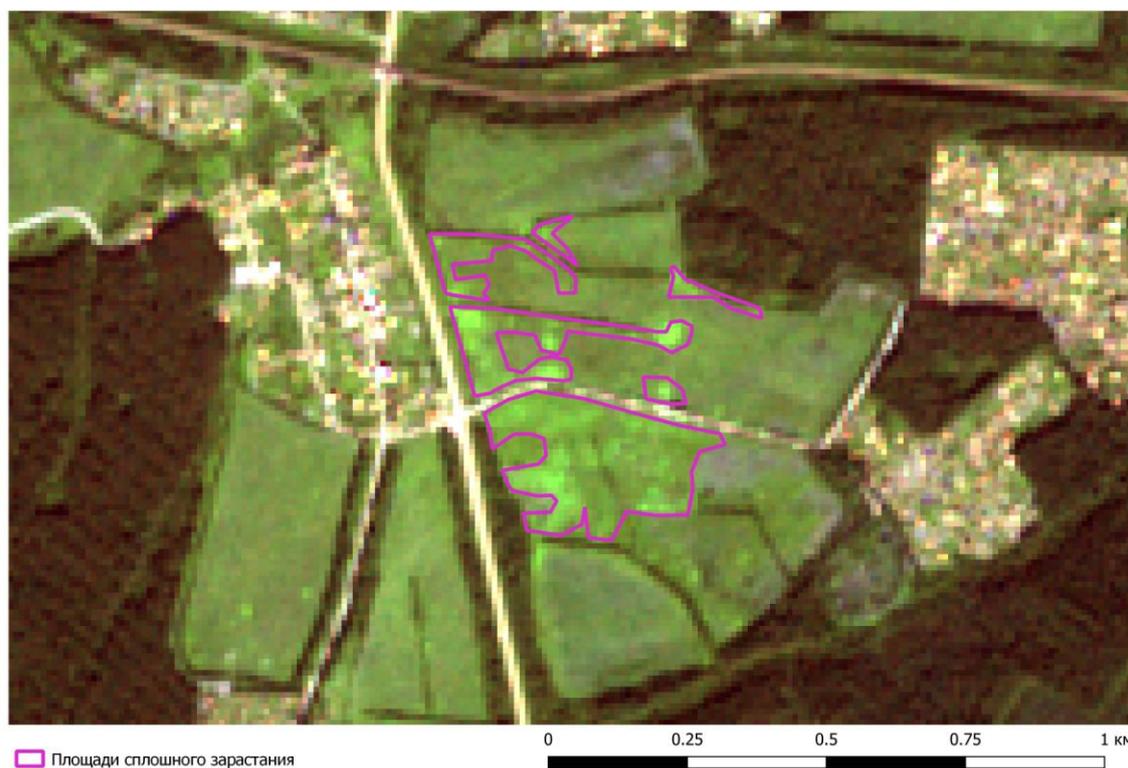


Рис. 1. Контуры площадей сплошного зарастания борщевиком Сосновского на исследуемом участке

При анализе снимков борщевика, выполненных в различные сезоны (рис. 2 и 3), выяснилось, что отмеченный выше дешифровочный признак лучше всего проявляется в конце мая – начале июня (до цветения) и в июле – после цветения. Достаточно хорошо заросли борщевика выявляются в августе, а в осенний период дистанционный метод определения распространения борщевика Сосновского практически неприменим.

Повышение надёжности распознавания борщевика может быть достигнуто за счёт учёта данных других спектральных каналов с меньшим пространственным разрешением (разрешение 10 м имеют только 4 из 13 спектральных каналов спутников семейства Sentinel 2). Для этой цели перспективно использование отечественной программы тематической интерпретации данных дистанционного зондирования земли ScanEx Image Processor.

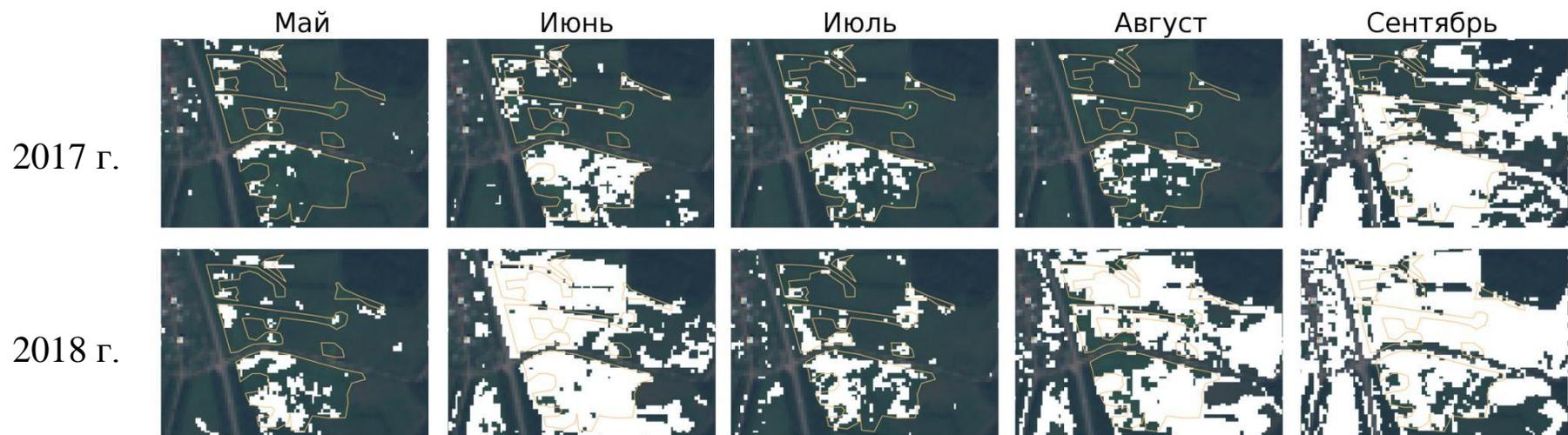


Рис. 2. Распознавание борщевика сочетанием зеленого и инфракрасного каналов (серая линия – граница сплошных зарослей, белые пятна – распознанные со спутника участки)

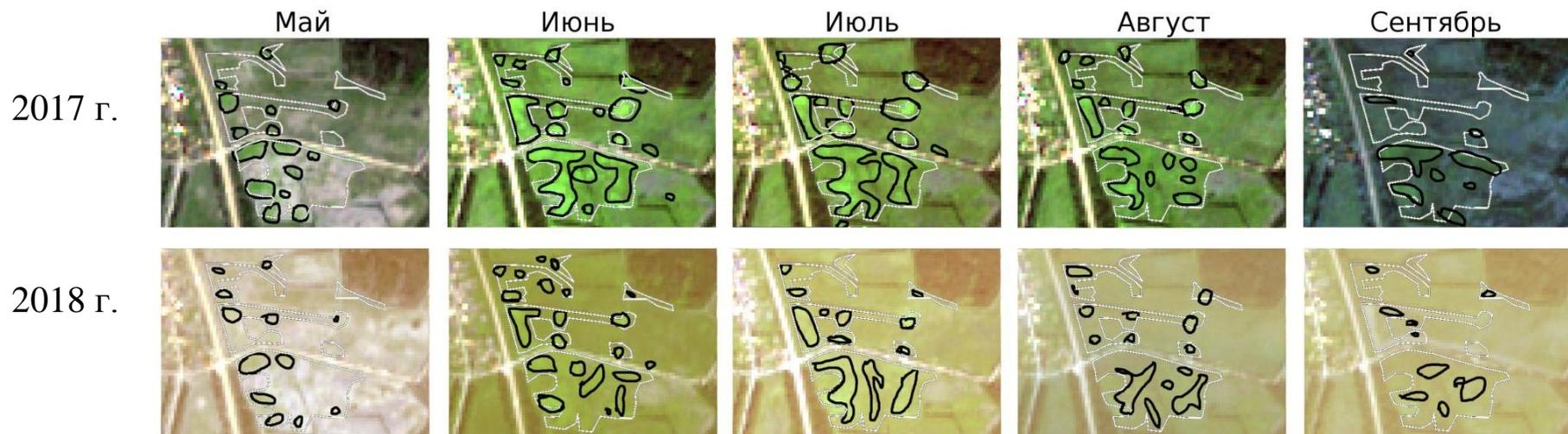


Рис. 3. Распознавание борщевика сочетанием зеленого, красного и синего каналов (белая линия – граница сплошных зарослей, черные линии – границы распознанных со спутника участков)

Итак, метод дистанционного зондирования дает широкие возможности для обнаружения и мониторинга территорий, занятых борщевиком Сосновского, а также для оценки эффективности мероприятий по ограничению его распространения и сокращению площадей, занятых инвазивным видом.

### Литература

1. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. 320 с.
2. Рутман В. В., Кантор Г. Я., Адамович Т. А., Товстик Е. В., Ашихмина Т. Я. Идентификация зарослей борщевика Сосновского по данным дистанционного зондирования земли // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием 23–24 апреля 2018 г. Кн. 1. Киров: Изд-во ВятГУ, 2018. С. 81–85.

## МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ р. МЕША

*А. Т. Горшкова, О. Н. Урбанова, Ю. В. Горбунова, Н. В. Бортникова*  
*Институт проблем экологии и недропользования*  
*Академии наук Республики Татарстан, agorshkova@gmail.com*

Государственный мониторинг водных объектов (ГМВО) представляет собой систему достаточных, регулярных, непрерывных наблюдений и измерений на реках и озерах. ГМВО, являясь составной частью системы Государственного мониторинга окружающей природной среды, осуществляется в соответствии с Методическими указаниями и Положением об осуществлении мониторинга [1, 2].

Мониторинг включает в себя не только наблюдение, сбор и обработку информации о водных объектах, но и контроль их состояния. Это помогает своевременно выявить негативные процессы, происходящие на водосборе, спрогнозировать их развитие, а также предотвратить возможные вредные последствия и определить степень эффективности осуществляемых водоохраных мероприятий. Ведение ГМВО осуществляется на локальном, территориальном, региональном (бассейновом) и федеральном уровнях.

На территории Республики Татарстан ведение ГМВО осуществляется Федеральным государственным бюджетным учреждением «Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Татарстан», сеть станций и постов которого представлена 35 гидрологическими (22 речных и 13 озерных), 26 гидрохимическими (40 створов) и 9 гидробиологическими (16 створов) пунктами наблюдений. В составе этой сети действует пункт наблюдений за гидрологическими и гидрохимическими показателями р. Меша, расположенный у с. Пестрецы.

На локальном уровне наблюдения за качеством речной воды проводятся рядом предприятий-водопользователей, имеющих сбросы сточных вод в реки. Кроме того, территориальные управления Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан проводят мониторинг за

качественным составом водных объектов на 71 пункте наблюдений, в том числе на р. Меша у н.п. Узьяк (верхнее течение) и Карадули (нижнее течение). Ведение этого мониторинга проводится в соответствии с подготовленной научно обоснованной территориальной программой («Программа наблюдений на пунктах территориальной наблюдательной сети государственного мониторинга поверхностных водных объектов Республики Татарстан»), в разработке которой авторы принимали непосредственное участие [3].

ГМВО, проводимый на территории республики, отражает количество и качество водных объектов в определенном пункте (створе). Результаты таких измерений имеют большое значение в исторической перспективе, но не всегда удобно для водопользователей, обычно расположенных вдоль реки, образующих порой непрерывную цепочку земельных угодий, промышленных и коммунально-бытовых водозаборов и сбросов. Решить проблему водообеспечения позволяет локальный мониторинг, проводимый сотрудниками лаборатории гидрологии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан (ИПЭН АН РТ), периодически отслеживающих количественные и качественные изменения водных ресурсов по длине многих рек республики. В частности на р. Меша неоднократно проводились гидрометрические и гидрохимические съемки (1949–51, 1969, 1995–97, 2010 гг.).

Бассейн р. Меша выбран для данного исследования неслучайно. По геоморфологическим показателям Меша относится к категории малых рек и ее водосбор административно полностью лежит в пределах республики (Кукморский, Сабинский, Тюлячинский, Пестречинский, Лаишевский муниципальные районы). Гидрологический режим реки в настоящее время наблюдается на водомерном посту у с. Пестрецы (с 1959 г.). Водосбор реки, как и сама река, интенсивно используется водопользователями, производящими как забор воды из реки, так и сброс сточных вод, чем влияют на качество речной воды. Имеющаяся в настоящее время информационная база о состоянии водосбора, количественных и качественных показателях ресурсов реки позволяет проследить тенденцию их изменений в ту или иную сторону и наметить мероприятия, направленные на улучшение экологической обстановки.

В географическом плане бассейн р. Меша расположен на востоке Европейской территории России, в среднем течении р. Волга, между  $55^{\circ}27'$  и  $56^{\circ}15'С$  и  $49^{\circ}02'$  и  $50^{\circ}50'В$ . Водосбор, площадь которого составляет 4,5 тыс. км<sup>2</sup>, лежит на стыке двух природных зон – лесной и лесостепной. По форме он уподобляется неправильному прямоугольнику, который в широтном направлении (с запада на восток) имеет протяженность 80–100 км и в меридиональном (с севера на юг) – 60–75 км. Это холмистая равнина, расчлененная долинами многочисленных притоков, балками и оврагами, резко асимметричная по форме (большая часть его гидрографической сети сосредоточена в правобережье), с общим уклоном поверхности к юго-западу. Общее падение водосбора – 82 м, средний уклон – 0,4‰, средняя высота – 140–160 м, сред-

няя ширина, почти на всем его протяжении, 20–21 км. Абсолютная высота истока 160 м, устья – 53 м.

Меша – типично равнинная река со смешанным питанием, длиной 186,4 км. Средний уклон водотока составляет 0,7–0,8‰. Исток расположен в 1,4 км к северо-востоку от д. Ятмас-Дусай Кукморского муниципального района, устье у с. Карадули Лаишевского муниципального района. Густота речной сети в бассейне составляет 0,35 км/км<sup>2</sup>. Меша принимает 46 притоков, наиболее крупные реки из которых имеют длину от 23,0 до 49,9 км [4].

Для гидрологического режима р. Меша характерно наличие двух резко отличающихся периодов – межени и половодья, во время которого проходит до 70–80% годового стока. Весеннее половодье длится 30–35 дней. Максимальный расход воды (1400 м<sup>3</sup>/с) отмечался у с. Пестрецы в 1979 г. Средние многолетние характеристики годового стока р. Меша в данном створе составляют: модуль стока – 3,04 л/с\*км<sup>2</sup>, расход воды 17,2 м<sup>3</sup>/с, слой стока 168 мм, объем стока 542 млн м<sup>3</sup> [5].

Межень на реке устойчивая. В засушливые годы в верховьях река пересыхает. Средний многолетний меженный расход воды у с. Пестрецы составляет 5,3 м<sup>3</sup>/с. Эта величина подтверждается и результатами локального мониторинга, периодически проводимого сотрудниками ИПЭН АН РТ в период летней межени, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1

### Меженные расходы воды в р. Меша

Участок реки	Расстояние от устья, км	Меженные расходы воды 50% обеспеченности, м <sup>3</sup> /сек	
		1992 г.	2010 г.
1	2	3	4
Исток	186,4	0,00	0,00
4 пр. в Ср. Нырты	178,8	0,09	0,05
6 пр. из Два Поля Арташ	173,2	0,20	0,10
8 пр.	170,5	0,23	0,13
10 пр. в Ст. Икшурме	165,2	0,33	0,16
12 л. – р. Кыса	160,7	0,57	0,39
13 л. из Бол. Савруши	159,1	0,66	0,41
14 л. из Бол. Меши	155,5	0,70	0,43
17 л. из Баландыш	150,8	0,83	0,46
18 пр. из Шитцы	147,8	1,08	0,47
19 пр. – р. Казнаш	144,2	1,58	0,80
23 пр. – р. М. Меша	132,0	2,18	1,62
24 пр. из Тюлячей	129,2	2,41	1,68
26 л. из Сауш	115,0	2,61	1,69
27 пр. – р.Тямти-Баш	112,6	3,09	1,88
29 л. – р. Нырса	107,5	3,79	1,98
30 из Казыли	87,5	4,02	2,03
31 л. в Колкомерке	86,3	4,08	2,03
32 л. из Кряш-Серда	84,3	4,12	2,03
33 пр. – р. Киба	81,3	4,25	2,11
37 пр. – р. Нурма	61,4	5,26	3,03

1	2	3	4
38 пр. из Конь	54,6	5,28	3,65
39 пр. р.Сулица	46,7	6,04	4,26
41 л. из Шали	41,4	6,08	4,27
42 пр. – р. Шемелка	37,8	6,11	4,30

Картина распределения меженных расходов воды по длине р. Меша показывает их плавное нарастание в пространстве – от истока к устью, но в последнее 20-летие отмечается их некоторое уменьшение во времени.

Локальный мониторинг, проводимый на р. Меша, предусматривал и оценку современного гидрохимического состояния реки. Отбор проб на анализ проводился на створах, выбранных с таким учетом, чтобы можно было проследить изменение химического состава речной воды, как во временном аспекте, так и по длине реки. Результаты обобщенных характеристик химического состава представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Обобщенные характеристики химического состав воды р. Меша (мг/л)

Характеристики	Место отбора									
	Ныр- ты	Нижние Савру- ши	Узяк		Райково		Юнусово		Караишево	
Расст. от устья (км)	178,8	159,1	132,0		104,9		67,5		0,0	
Год	2010	2010	1969	2010	1969	2010	1969	2010	1969	2010
Минерализация	490	350	737	604	737	664	1041	692	961	1000
Нитраты	5,1	4,4	–	3,5	–	2,9	–	3,3	–	1,0
Сульфаты	16	62	200	250	210	326	384	306	310	595
Хлориды	10,0	10,0	11,4	10,0	9,2	10,0	11,0	10,0	57,8	10,3
Гидрокарбона- ты	239	279	336	201	312	306	366	306	276	324
Кальций	52	68	146	115	162	138	178	137	187	193
Магний	22,5	21,4	21,9	23,1	29,2	30,9	25,5	28,8	12,8	38
Калий	2,1	2,2	–	2,8	–	2,7	–	2,7	–	2,4
Натрий	8,0	7,8	99,3	11,8	0	10,5	76,1	13,7	79,1	15,9
Жесткость	4,5	5,2	9,1	7,6	10,5	9,4	11,0	9,2	10,4	12,8

Основными характеристиками химического состава воды являются минерализация (сумма главных ионов) и ионный состав. Неоднородность геологического строения бассейна реки, как доминирующий фактор формирования химического состава вод, засоленность и закарстованность грунтовой толщи водосборов обуславливают пестроту в минерализации и химическом составе воды. Согласно принятой градации вода в р. Меша в течение последних 40–50 лет сохраняется в верхнем течении как вода средней минерализации (200–500 м/л), а в нижнем течении повышенной минерализации (500–1000 м/л) [6].

Речная вода преимущественно гидрокарбонатного характера (от 239 мг/л в истоках реки до 324 мг/л в устье). Отмечено повышенное содержание сульфатов (от 16 мг/л в истоках реки до 595 мг/л в устье), которые при вышеуказанных пределах минерализации могут достигать преобладающих значений. Содержание хлоридных ионов изменяется от 9 до 58 мг/л в 1969 г.

Содержание катионов кальция, характеризующееся хорошо выраженным преобладанием (52–193 мг/л), и магния (23–38 мг/л), величины которых увеличились во временном аспекте в 3,0 и 1,5 раза соответственно, обусловили и повышение жесткости воды по длине реки от 4,5 до 12,8 мг-экв/л. Эти значения жесткости позволяют классифицировать воду р. Меша как умеренно жесткую и очень жесткую.

По минерализации и химическому составу вода р. Меша на всем протяжении обладает хорошими и удовлетворительными питьевыми качествами, пригодными для использования. Однако, как и большинство других малых рек территории республики, она испытывает сильный антропогенный пресинг и имеет высокий уровень нагрузки по водопользованию, что, несомненно, сказывается на ее качественном составе. Химический анализ воды, по данным 2010 г., показал низкое содержание растворенного кислорода, что сказывается на наличии гидробионтов в реке. Наличие в воде азотосодержащих веществ, фосфатов, биологического потребления кислорода, превышающих предельно допустимые концентрации, свидетельствуют о загрязнении речной воды органическими веществами.

Обобщение и анализ всех имеющихся материалов мониторинга р. Меша поможет выявить источники загрязнения речной воды, наметить природоохранные мероприятия, предотвратить аварийные ситуации и, в конечном итоге, улучшить состояние водного объекта.

### Литература

1. Методические указания по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохраных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей (утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 8 октября 2014 г. № 432).

2. Положение об осуществлении государственного мониторинга водных объектов. Утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 10 апреля 2007 г. № 219.

3. Шагидуллин Р. Р., Иванов Д. В., Горшкова А. Т., Урбанова О. Н. Обоснование размещения пунктов территориальной наблюдательной сети государственного мониторинга на реках Республики Татарстан // Российский журнал прикладной экологии. Казань: ООО «Фолиант», 2015. № 3. С. 48–49.

4. Длины малых рек Республики Татарстан. Справочник. Казань: Изд-во ЗАО «Новое знание», 2003. 319 с.

5. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1. РСФСР. Выпуск 24. Бассейны рек Волги (Среднее и Нижнее Поволжье) и Урала. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 519 с.

6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 1. Бассейн р. Волги ниже г. Чебоксары. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1971. 410 с.

## МАТЕРИАЛЫ К ВЫДЕЛЕНИЮ ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ д. БАКУЛИ (СЛОБОДСКОЙ РАЙОН КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

*Н. Ю. Егорова<sup>1</sup>, Т. Л. Егошина<sup>1,2</sup>, А. В. Ярославцев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова,*

<sup>2</sup> *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
n\_chirkova@mail.ru*

На сегодняшний день сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Кировской области представлена 198 объектами различных видов и категорий. Общая площадь ООПТ составляет 324,1 тыс. га, или 2,69% от площади области [1]. Однако, имеющаяся площадь охранных территорий значительно ниже рекомендуемых минимальных значений, которые колеблются от 10% до 17% [2–4]. В связи с этим, для региона является актуальной задача выявления площадей, имеющих высокую природоохранную значимость, выделение и охрана территорий, имеющих особое природное значение.

Исследуемая территория расположена между населенными пунктами д. Бакули и д. Успенское и приурочена к выходам известковых пород правобережной долины реки Вятка. В геоморфологическом отношении предлагаемая к выделению территория включает небольшой участок плакора, участок крутого склона коренного берега и собственно пойму со старицами (рис.). Преобладающий тип почвы – дерново-карбонатный, преимущественно тяжелосуглинистый, реже среднесуглинистый.

Исследуемый объект помимо естественных растительных сообществ, включает также участки антропогенно трансформированного ландшафта, которые в настоящее время находятся в стадии вторичной сукцессии и характеризуются заселением многих видов Орхидных. Растительные сообщества представлены климаксовыми лесными и луговыми, а также сообществами начальных стадий восстановительной сукцессии. На территории рассматриваемого объекта сохранились фрагменты старовозрастных хвойных лесов (возраст древостоя 75–100 лет) с участием пихты. Видовой состав хвойных фитоценозов весьма богат – меняется в пределах от 15 до 42 и включает как бореальные, так и неморальные элементы флоры, а также виды, находящиеся вблизи границы своего ареала – *Daphne mesereum*, *Atragene sibirica*, *Lathyrus vernalis*, *Cinna latifolia*, *Asarum europaeum*, *Ajuga reptans*, *Pulmonaria obscura*. Луговые сообщества преимущественно полидоминантные, злаково-разнотравные, включают неморальные, лесостепные и лугово-степные виды:

*Bryza media*, *Gentiana cruciata*, *Carlina bibersteinii*, *Centaurea phyrigia*, *Origanum vulgare*, *Verbascum nigrum*.



Рис. Общая схема расположения исследуемого объекта

В результате исследований на данной территории обнаружены новые места произрастания редких и малочисленных видов, включенных в Красную книгу Кировской области (КККО) и Приложение 2 – «Список редких и уязвимых видов животных, растений и грибов, не внесенных в Красную книгу Кировской области, но нуждающихся на территории области в постоянном контроле и наблюдении» [5]. А также описаны виды, не включенные в данные документы, но имеющие ограниченное распространение на территории области, характеризующиеся низкой плотностью, включенные в списки редких и охраняемых видов сопредельных регионов (табл.).

Новые местонахождения установлены для таких краснокнижных видов как *Gymnadenia conopsea*, *Cypripedium calceolus* [6–8], а также для ряда растений Приложения 2 – *Platanthera bifolia*, *Atragene sibirica*, *Iris sibirica*. На обследованной территории на данном этапе исследования выявлены два вида растений общеевропейского значения: *Cinna latifolia* и *Cypripedium calceolus* (табл.), включенные в Приложение к Резолюции № 4 Постоянного комитета Бернской конвенции (1998). Наличие видов общеевропейского значения, которые рассматриваются как надежные индикаторы природоохранной значимости территории [9], является одной из предпосылок для включения территории в Изумрудную сеть «территорий особого природоохранного значения» (ТОПЗ), которая формируется в рамках Бернской конвенции.

**Редкие и нуждающиеся в охране, постоянном наблюдении и контроле  
виды растений исследуемой территории**

№ п/п	Вид	Статус вида	Тип местообитания
<i>Отдел Polypodiophyta – Папоротниковидные</i> <i>Семейство Ophioglossaceae</i>			
1	<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Swartz.	Ограниченно распространённый с низкой плотностью	Зарастающий ивами и ольхой серой гидрофитный разнотравный луг
<i>Отдел Magnoliophyta – Цветковые</i> <i>Семейство Orchidaceae</i>			
2	<i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R. Br.	КККО – III категория	Гидрофитный осоково-таволгтовый луг
			Разнотравный луг
			Зарастающий ивами и ольхой серой гидрофитный разнотравный луг
3	<i>Listera ovata</i> (L.) R. Br.	Ограниченно распространённый с низкой плотностью	Зарастающие сосной, елью, осинкой и разнотравьем отвалы старого отработанного известкового карьера
4	<i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm.) Besser	Ограниченно распространённый с низкой плотностью	Опушка сосново-ивовых зарослей по отвалам старого известкового карьера Зарастающие сосной, елью и осинкой и разнотравьем отвалы старого карьера
5	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.	Приложение № 2 КККО	Зарастающие сосной, елью и осинкой и разнотравьем отвалы старого карьера
6	<i>Cypripedium calceolus</i> L.	КККО – III категория; вид общеевропейского значения	Ельник разнотравный
			Ельник травяной
			Сосняк травяной
			Ельник с примесью пихты и сосны травяной
			Зарастающие сосной, елью, осинкой и разнотравьем отвалы старого отработанного известкового карьера
<i>Семейство Ranunculaceae</i>			
7	<i>Atragene sibirica</i> L.	Приложение № 2 КККО	Ельник разнотравный
			Ельник травяной
			Сосняк травяной
			Ельник с примесью пихты и сосны травяной
<i>Семейство Iridaceae</i>			
8	<i>Iris sibirica</i> L.	Приложение № 2 КККО	Полидоминантный злаково-разнотравный луг
<i>Семейство Poaceae</i>			
9	<i>Cinna latifolia</i> (Trev.) Griseb.	Ограниченно распространённый с низкой плотностью; вид общеевропейского значения	Ельник с примесью пихты и сосны травяной

Таким образом, в составе рассматриваемого объекта имеются хорошо сохранившиеся участки с естественным растительным покровом, в которых выявлены популяции редких и эндемичных видов, а также коренные растительные сообщества и ландшафты. Кроме того, данная территория характеризуется сочетанием элементов типичной бореальной зоны с элементами лесостепи. Особое внимание сохранению растительных сообществ пойменной зоны необходимо уделить, помимо всего прочего, еще вследствие богатого генфонда этих территорий.

### Литература

1. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2017 году: Региональный доклад / Под общей ред. А. В. Албеговой. Киров, 2018. 173 с.
2. Хромов А. В. Характеристика современного состояния особо охраняемых природных территорий // Вестник Астраханского государственного технического университета. Специальное проложение. Астрахань, 2005. № 4 (27). С. 13–16.
3. Дежкин В. В. Территориальная охрана природы в мире и в России // Россия в окружающем мире. 2005. (Аналитический ежегодник). М.: Модкс.К.-Этерна, 2006. С. 59–81.
4. Стратегия и План действий по сохранению биологического разнообразия Российской Федерации. М.: М-во природных ресурсов и экологии РФ, 2014. 256 с.
5. Красная книга Кировской области. Киров, 2014. 336 с.
6. Баранова О. Г., Егошина Т. Л., Чиркова Н. Ю., Ярославцев А. В. Новые местонахождения видов семейства Орхидных (*Orchidaceae* Juss.) в Кировской области // Охрана и культивирование орхидей. Материалы IX Междунар. конф. (26–30 сентября 2011). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 51–52.
7. Чиркова Н. Ю., Егошина Т. Л. Проявление черт эксплерентности некоторых видов семейства *Orchidaceae* Juss. в антропогенно измененных экосистемах // Охрана и культивирование орхидей: Материалы IX Междунар. конф. (26–30 сентября 2011). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 466–468.
8. Чиркова Н. Ю., Сулейманова В. Н., Егошина Т. Л., Лугинина Е. А. Эколого-фитоценотическая и демографическая характеристика ценопопуляций *Cypripedium calceolus* L. в условиях южнотаежных лесов Кировской области // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология», 2011. Выпуск 24. № 32. С. 117–126.
9. Изумрудная книга Российской Федерации. Территории особого природоохранного значения Европейской России. Предложения по выявлению. Ч. 1. М.: Институт географии РАН, 2011–2013. 308 с.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ ТЭЦ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

*Т. А. Мусихина, Я. В. Черникова, А. А. Юрлов, А. Д. Клиндухова*  
*Вятский государственный университет, usr04011@vyatsu.ru*

Одной из основных задач на современном этапе решения экологических проблем является углубленное изучение взаимоотношений человека и факторов окружающей среды.

Основными источниками техногенного воздействия, бесспорно, являются промышленность и автотранспорт. Среди объектов промышленности по уровню антропогенного воздействия выделяются предприятия теплоэнерге-

тической, химической, металлургической отраслей, производство строительных материалов, предприятия деревообработки [1].

Производство тепловой энергии на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) связано с образованием твердых отходов, которые традиционно направляются наиболее приемлемым способом гидрозолоудаления в золоотвалы, где постепенно накапливаются. Сроки хранения таких отходов не ограничены, поэтому в настоящее время закрытые хранилища золошлаков представляют собой накопленный экологический вред, негативно влияя на окружающую среду, в том числе на биологические объекты.

Такие проблемы наблюдаются практически во всех городах, теплоснабжение которых осуществляется или ранее осуществлялось с помощью ТЭЦ. Так, например, по данным Ростехнадзора, золоотвал ТЭЦ города Новосибирска переполнен, что угрожает городу экологическим бедствием [2]. В золе данного золоотвала были обнаружены оксиды кремния, алюминия, железа, кальция, магния, калия, натрия, титана, серы. Токсины перечисленных металлов проникают глубоко в организм и накапливаются в тканях, от этого страдают центральная нервная система, головной мозг, сосуды, внутренние органы. Так, например, соединения алюминия приводят к потере памяти, апатии, слабоумию, вызывая болезнь Альцгеймера. Соединения кальция способны вызвать развитие мочекаменной болезни. В отходах ТЭЦ также присутствует диоксид кремния. Значительный избыток его вызывает в организме патологические изменения. Так, его попадание в легкие приводит к пневмокониозу (силикозу). Термин силикоз впервые был предложен в 1870 г. По данным Б. Т. Величковского, самая крупная кварцсодержащая пыль обычно приводит к развитию пылевого бронхита [3]. При тяжелой форме силикоза больной часто умирает от туберкулеза легких.

В Кировской области имеется три основных золоотвала: ТЭЦ-3, ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5. Общая масса накопленной там золы составляет более 25 млн тонн. Золошлаковая смесь от сжигания углей наряду с некоторыми другими отходами производства занимает наибольший удельный вес в массе образовавшихся в последние годы отходов по Кировской области. В целом, шламонакопители, хвостохранилища, терриконы, отвалы, золошлакоотвалы занимают площадь 315 га. Золошлаковые отходы отнесены к 4-му классу опасности [4].

Наибольшую опасность для окружающей среды представляет закрытый золоотвал ТЭЦ-3 (рис. 1, 2), поскольку он является по сути гидротехническим сооружением и находится в непосредственной близости от р. Вятки в зоне санитарной охраны водозабора г. Кирова. Во время половодья вода подходит непосредственно к ограждающей золоотвал дамбе, что, несомненно, является потенциальной опасностью.



Рис 1. Поверхность золоотвала ТЭЦ-3



Рис. 2. Общий вид золоотвала ТЭЦ-3

Золоотвал ТЭЦ-4 (рис. 3) является действующим, расположен на окраине г. Кирова.

Согласно данным химического анализа проб золы из всех золоотвалов их состав мало отличается от выше указанного в г. Новосибирске. В настоящее время продолжают работы по цитогенетическим исследованиям золы и поиску путей полезного ее применения.



Рис. 3. Общий вид золоотвала ТЭЦ-4

Таким образом, в связи с изложенными выше положениями о влиянии золошлаковых отходов ТЭЦ на здоровье человека, целесообразно, наряду с изучением состава золы, размещенной на золоотвалах области, провести генетические исследования влияния золы на биологические объекты в районе золоотвалов ТЭЦ-3, ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5, а также дать предложения по полезному применению миллионов тонн размещенной золы в золоотвалах нашей области.

#### Литература

1. Грухина Г. Н. Состояние среды обитания и ее влияние на здоровье человека. Материалы 10-й Всерос. науч.-практ. конф. г. Киров, 10–11 сентября 2008 г. Кирово-Чепецк, 2008. С. 6.
2. ФГБУ «Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://omsk-meteo.ru/>
3. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / АМН СССР. М.: Медицина, 1991. 496 с.
4. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2013 году: Рег. доклад / Под общей ред. А. В. Албеговой. Киров, 2014. 192 с.

## **ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ВЫРУБКИ ЛЕСОВ НА СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

*Е. А. Клековкина*

*Вятский государственный университет, jelena\_klekovkina@mail.ru*

Известно, что леса, а именно бореальные леса [1], являются одним из основных факторов формирования климата планеты. При этом более 60% бореальных лесов сосредоточено в России [2]. Гибель бореальных лесов является одним из факторов превращения глобального потепления в устойчивый процесс [3].

В бореальных лесах (в почве и растительности) сосредоточено около 30% всего углерода наземных экосистем, что больше, чем в любых других наземных экосистемах, и почти в 2 раза больше, чем в тропических лесах [1]. Катастрофические нарушения природной среды, включая заготовку древесины и усыхание лесов в результате промышленного загрязнения, увеличивают гетеротрофную респирацию. Это, как правило, усиливает потепление климата [3], поэтому огромное количество депонированного в почве и растительности углерода обуславливает значительную роль бореальных лесов при формировании климата будущего. Известно, что депонирование углерода лесами за последнее десятилетие снизилось почти на 50%. Причина состоит в том, что рубка лесов превышает их естественный прирост [4]. Считается, что запрет сплошных рубок позитивно скажется на климате в краткосрочной перспективе, так как при сплошных рубках происходит интенсивная эмиссия углерода [3]. Также изменения в хозяйственных мероприятиях могут повлиять как на подверженность лесов климатическим изменениям, так и на сам климат [5], поскольку сами климатические тренды существенно зависят от состояния глобального растительного покрова.

На состояние лесов огромное влияние оказывает загрязненный воздух. Вредное влияние загрязненного воздуха на растения происходит как путем прямого действия газов на ассимиляционный аппарат, так и путем косвенного воздействия через почву [6]. В настоящее время установлено, что на атмосферное загрязнение воздуха более остро реагируют хвойные, по сравнению с лиственными породами [7–10]. Одной из причин повышенной чувствительности хвойных является длительный срок жизни хвои, а также снижение массы хвои при повреждении (дефолиация, ожог, уменьшение ее длины). Наблюдения показывают, что при частых или постоянных воздействиях загрязняющих веществ в тканях растений постепенно накапливаются токсичные соединения. Вещества, накапливающиеся в течение первых двух лет, приводят к отмиранию хвои. Остающаяся на дереве одно- и двухлетняя хвоя не способна обеспечить нормальный рост и развитие дерева, т.к. первая начинает нормально функционировать лишь в середине лета, а вторая уже значительно ослаблена накопленными токсическими веществами. Отмечается, что под

влиянием промышленного загрязнения происходит повреждение хвои всех возрастов. Лиственные породы деревьев в этих условиях более устойчивы, поскольку ежегодно сбрасывают листву и освобождаются от вредных соединений [11, 12].

Наиболее подвержены воздействию загрязняющих веществ такие хвойные породы как кедр, лиственница, сосна, ель. Наиболее фитотоксичными веществами являются фторсодержащие соединения, хлор, оксиды серы и азота [13]. К примеру, в сосновых лесах, подверженных выбросами в атмосферу серы и фтора, отмечается высокий уровень дефолиации крон, некрозы хвои, нарушение осевого ветвления, изменение формы кроны, суховершинность, снижение длины и массы хвои и побегов, сокращение продолжительности жизни хвои до 1–3 лет [14]. Также имеются сведения, что под влиянием низких доз  $SO_2$  и HF стимулируется пигментообразование, а высокие концентрации данных газов приводят к снижению содержания хлорофилла, что может быть следствием его разрушения и уменьшения синтеза [15, 16].

В свою очередь антропогенно нарушенные леса хуже выполняют свои средоформирующие и средозащитные функции [17], в том числе свою климатическую роль при поддержании теплового и водного балансов территории.

В последние годы леса в России испытывают значительное неблагоприятное воздействие со стороны антропогенных факторов [18], включая влияние промышленных предприятий и вырубки, которое нарастает в определенных регионах. К примеру, если рассмотреть Кировскую область [2], лесистость ее территории составляет 63%. Эксплуатационный фонд лесных земель в Кировской области включает 6,3 млн. га или 78% от общей площади лесов. В период с 1956 по 2002 гг. площади приспевающих хвойных лесов в Кировской области сократились в 2 раза и наметилась устойчивая тенденция смены хвойных пород березой и осинкой. На 2005 г. эксплуатационный фонд был вырублен на площади 22 тыс. га. При этом лесовосстановление проведено на площади 17,3 тыс. га, что составило 79% от площади вырубок [2]. Помимо этого наблюдается негативная динамика изменения состояния лесного покрова вблизи крупных промышленных объектов по анализу спутниковых данных. Например, исследования лесов вблизи объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» в Кировской области с помощью аэрокосмических методов и спектральных индексов NDVI и NDWI в 2005–2009 гг. показали, что еще не проявлялось усыхание хвойных деревьев, однако происходило снижение уровня хлорофилла в отдельных лесных массивах в результате промышленных выбросов [19].

В настоящее время нами проводится подготовительный этап исследования по определению влияния промышленного загрязнения атмосферного воздуха и вырубки лесов на климатические изменения на региональном и локальном уровнях. Осуществлен сбор статистических данных о лесистости территории и крупных промышленных предприятий Кировской области, производящих выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и находящихся вблизи лесов (всего подобрано 11 промышленных объектов, удовлетворяю-

щих данным требованиям). Составлена база климатических параметров на основе данных от 15 метеорологических станций на территории Кировской области с 1988 по 2018 гг.: г. Вятские Поляны, пгт. Кильмезь, г. Кирс, г. Котельнич, пгт. Кумены, д. Коммуна Мурашинского района, г. Нолинск, пгт. Опарино, пгт. Санчурск, пгт. Уни, г. Уржум, пгт. Фаленки, пгт. Ленинское Шабалинского района, г. Яранск, г. Киров. Выявлены флуктуации климатических параметров (среднегодовая и среднемесячные температуры и суммы осадков, минимальные и максимальные среднемесячные температуры и др.) в ряде районов, подверженных вырубкам лесов: Уржумский, Нолинский, Яранский. Планируется продолжать исследования.

Таким образом, становится актуальным нахождение корреляций между динамикой регионального климата и изменениями площадей лесных территорий и деградацией лесов в результате вырубок и промышленного загрязнения воздуха с использованием спутниковых данных дистанционного зондирования и наблюдений гидрометеорологических станций на примере Кировской области. Полученные результаты в дальнейшем могут быть использованы для создания моделей и картографирования изменения климата на локальном и региональном уровнях.

#### Литература

1. Kasischke E. S. Boreal ecosystems in the global carbon cycle. In Kasischke, E S m. fl. (eds): Fire, Climate Change and Carbon Cycling in the Boreal Forest. Ecological Studies (Analysis and Synthesis). Springer, New York, NY. 2000. Vol. 138. P. 19–30,
2. Видякин А. И., Ашихмина Т. Я. Проблемы восстановления лесов Кировской области // Современные проблемы лесопользования, охотоведения и звероводства. 2007. №1. С. 67–68.
3. Олссон Р. Использовать или охранять? Бореальные леса и изменение климата // Устойчивое лесопользование. 2012. № 3 (32). С. 40–45.
4. Bergkvist B & Olsson, M. Kolet, klimatet och skogen – Sa kan skogsbruket paverka. Information fran LUSTRA. 2008.
5. Juday G . Forests, land management and agriculture. ACIA, Arctic Climate Impact Assessment. Arctic Council, Chapter 14 (2005).
6. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 278 с.
7. Николаевский В. С. Некоторые анатомо-физиологические особенности древесных растений в связи с их газоустойчивостью в условиях медеплавильной промышленности Среднего Урала: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1964. 40 с.
8. Подзоров Н. В. Некоторые причины усыхания сосновых насаждений естественного и искусственного происхождения в Охтинской лесной даче. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1966. 22 с.
9. Любавская А. Я. Селекционно-генетическая оценка ассортимента древесных пород для зеленых насаждений Москвы, как фактор повышения их устойчивости и полезных функций // Городское хозяйство и экология. Известия Жилищно-коммунальной академии. М., 1996. С. 17–19.
10. Жидков А. Н. Оценка состояния хвойных лесов с помощью применения лишеноиндикации // Экология, мониторинг и рациональное природопользование / Науч. тр. Вып. 302 (1). М.: МГУЛ, 2000.

11. Приступа Г. К., Мазепа В. Г. Анатомо-морфологические изменения хвои сосны в техногенных условиях // Лесоведение. 1987. № 1. С. 58–60.
12. Прокопьев Е. П. Экология растений (особи, виды, экогруппы, жизненные формы). Томск, 2001. 340 с.
13. Бурков Н. А. Прикладная экология: учеб. пособие. Киров, 2005.
14. Афанасьева Л. В. Влияние атмосферного промышленного загрязнения на сосновые леса бассейна реки Селенги: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2005. 19 с.
15. Барахтенова Л. А., Николаевский В. С. Влияние сернистого газа на фотосинтез растений. Новосибирск, 1988. 85 с.
16. Рожков А. С., Михайлова Т. А.. Действие фторсодержащих эмиссий на хвойные деревья. Новосибирск: Наука, 1989. 157 с.
17. Белов А. В., Соколова Л. Н. Некоторые аспекты экологических рисков природопользования на юге Байкальской Сибири // География и природные ресурсы. 2012. № 4. С. 90–97.
18. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации», 2009–2016 гг.
19. Новикова (Клековкина) Е. А. Геоэкологическая оценка динамики природно-техногенной системы района строительства и функционирования объекта уничтожения химического оружия: Дис. ... канд. геогр. наук. Киров, 2011. 173 с.

## **ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПОЧВ И СНЕГА В МИКРОРАЙОНЕ «КВАРТАЛ 119» г. КИРОВА**

*Т. А. Мусихина, Н. А. Самылов, И. В. Дождииков, Т. Н. Шабардина,  
А. С. Касаткина  
Вятский государственный университет, usr04011@vyatsu.ru*

Почвы городов для проведения экологических исследований различаются в соответствии с территориальными зонами – промышленные, селитебные, рекреационные и т.д., соответственно их экологическое состояние зависит от местоположения (т.е. от целевого использования). Так, вблизи промышленных площадок загрязнители, поступающие в почву от промышленных предприятий, весьма разнообразны и определяются профилем предприятий.

В селитебных зонах формирование почв происходит под влиянием почвообразовательных процессов, но главное значение имеет антропогенный фактор: поверхностное накопление различного рода неорганических включений в результате деятельности человека; преобразование верхнего природного вещества при строительстве и благоустройстве; накопление вредных химических веществ, поступающих непосредственно и через процесс оседания химических веществ из загрязненного атмосферного воздуха.

Снег в населенном пункте, также как и почву, можно рассматривать как подстилающую поверхность, депонирующую различные виды негативного антропогенного влияния – на окружающую среду, а его качество, по химическим показателям, в том числе как индикатор состояния атмосферного воздуха.

В холодный период снежный покров аккумулирует атмосферные выпадения от промышленных предприятий и автотранспорта, поэтому химический

состав проб снега, отобранного в конце марта, может отражать качество атмосферного воздуха в районе исследования.

В работе исследовались пробы почв и снега, отобранные на территории микрорайона «Квартал 119» в пунктах 1 и 2 (рис. 1), а также в центре квартала. Учитывались климатические характеристики и удаленность от источников негативного воздействия.

Пробы почвы отбирались в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84. Был произведён отбор двух проб почв: почва у остановки (2), почва в 20 метрах от автомобильной дороги (1), то есть почвы отбирались на разных расстояниях относительно транспортных магистралей.

В ходе работы определялось рН, содержание тяжёлых металлов (железо, цинк, никель), а также нитраты и фосфаты.

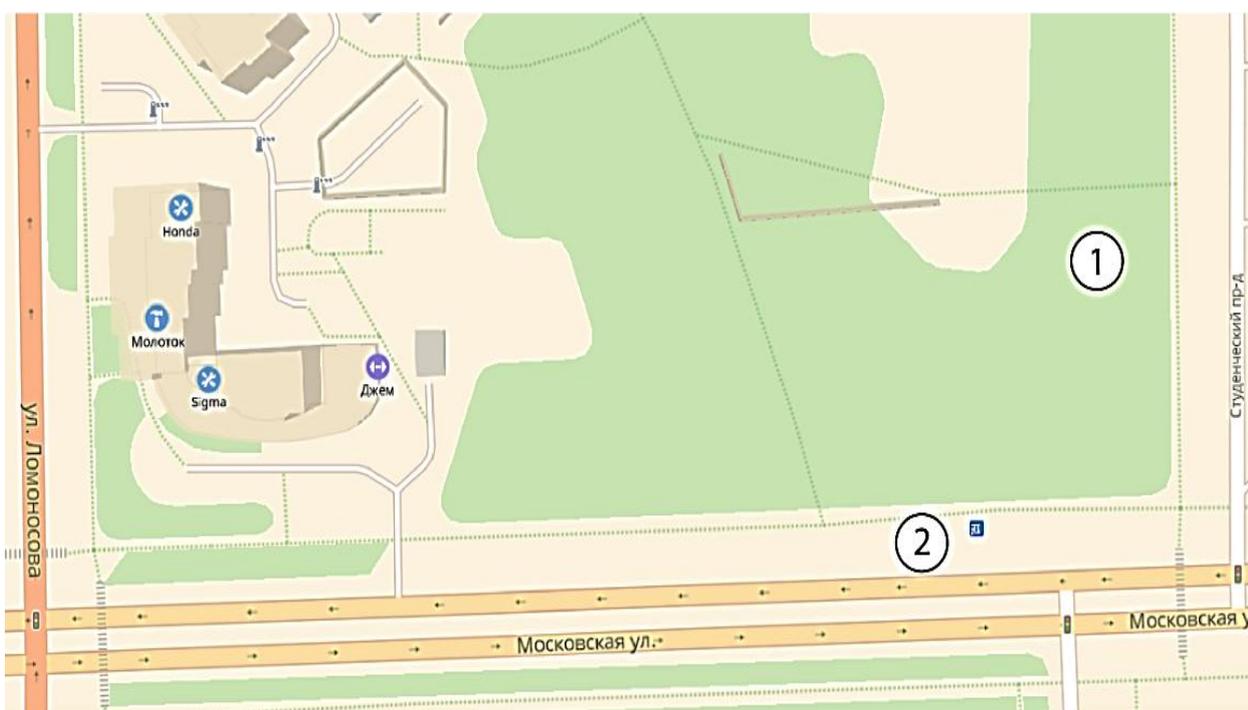


Рис. 1. Места отбора проб (1, 2)

Анализ химического состава почвы показал завышенные концентрации ионов никеля, цинка и нитратов, однако наиболее репрезентативными результатами для достоверной оценки состояния исследуемых почв получились показатели по нитратам и фосфатам.

Таблица 1

**Результаты химического анализа почв**

№ пробы	Содержание, мг/кг	
	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$
Центр квартала	109	5
№ 1 (2 метра от автодороги)	235	7
№ 2 (20 метров от автодороги)	320	16

Результаты исследований, представленные в таблице 1, позволяют заключить, что концентрации нитратов и фосфатов закономерно увеличиваются от наиболее удаленного от автомагистралей центра. Наибольшие (наихудшие) показатели получились во 2-й пробе почв в 2-х метрах от автомагистрали, что подтверждает то, что автомагистраль несомненно влияет на качество почв примыкающих газонов и ее негативное влияние распространяется вглубь квартала на расстояние 20 метров.

Снег был отобран в 4-х точках – фон (Куменский район), центр квартала 119, и две пробы, аналогичные местам отбора почв (№ 1 и № 2).

Пробы снега анализировались на: рН, гидрокарбонаты, хлориды, железо, хром, сухой остаток, ХПК. Результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2

### Результаты химического анализа снега

Показатели	Фон	Центр квартала	Проба № 1	Проба № 2
рН	6,2	6,6	7	6,8
Гидрокарбонаты	18,1	18,3	7,6	21,4
Хлориды	6,8	7,1	12,4	37,2
Железо	0,06	0,09	0,10	0,15
Хром	0,015	0,02	0,02	0,03
Сухой остаток	0,00002	0,00002	0,00007	0,00002
ХПК	89	90	100	190

Как уже отмечалось, снежный покров аккумулирует атмосферные выпадения от промышленных предприятий и автотранспорта, поэтому химический состав снега напрямую зависит от состояния атмосферного воздуха. Результаты качества снега по химическим показателям дают основание говорить, что качество атмосферного воздуха в центре квартала значительно лучше, чем в придорожной зоне и практически не отличается от фоновых показателей.

Таким образом, результаты химического анализа почв и снега, отобранные в одних и тех же пунктах, показали, что при удалении от транспортной магистрали к центру квартала концентрации загрязняющих веществ снижаются, что говорит о приоритете загрязнения атмосферного воздуха в этом микрорайоне передвижными источниками. Качество снега в центральной части квартала по исследуемым показателям практически не отличается от фона в Куменском районе.

### Литература

1. Фукс, С. Л. Химия окружающей среды: лаб. Практикум / С. Л. Фукс, С. В. Девятерикова, С. А. Казиенков. Киров: Изд-во ВятГУ, 2009. 50 с.
2. Мониторинг состояния почвы // All ecology URL: <https://all-ecology.ru/index.php?request=full&id=332> (дата обращения 28.02.19).
3. Содержание металлов в почве // Biolife.ru URL: <http://biofile.ru/bio/33702.html> (дата обращения 28.02.19).

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА *CALAMAGROSTIS EPIGEIOS* (L.) ROTCH В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СВОЙСТВ СУБСТРАТА

**Т. С. Чибрик**

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б. Н. Ельцина, Tamara.Chibrik@urfu.ru

В Свердловской области в результате визуального обследования индивидуальных отвалов выделено свыше 30 их различных категорий, существенно отличающихся происхождением, породами, морфологией, параметрами и др. Во всех случаях имеет место катастрофическое нарушение почвенного и растительного покровов, вплоть до полного уничтожения. Образуются неозкотопы техногенных ландшафтов. В индустриальных регионах зачастую образуются техногенные геохимические аномалии, связанные с деятельностью промышленных предприятий как горнодобывающей, так и перерабатывающей промышленности. В них возникает совершенно новый тип круговорота химических элементов [1–4].

Целью работы является анализ поглотительной способности тяжелых металлов (ТМ) надземной и подземной массой *Calamagrostis epigeios* (L.) Rotch на промышленных отвалах, отличающихся по свойствам субстрата, расположенных в разных зонально-климатических условиях, т. е. предпринята попытка проследить химическую изменчивость по ТМ.

В качестве объектов исследования взяты образцы *C. epigeios* на золоотвалах Верхнетагильской (ВТГРЭС, таежная зона, подзона южной тайги) и Южноуральской (ЮУГРЭС, лесостепная зона) тепловых электростанций и в Коркинском угольном карьере (КУР, Челябинский бурогольный бассейн, лесостепная зона).

Образец растений компоновался из 5–10 экземпляров *C. epigeios* в фазе бутонизации-цветения при случайной выборке, высушивался и подвергался сухому озолению. Образцы субстрата отбирались из ризосфер этих же растений на глубину 0–20 см из 5–10 прикопок и усреднялись. Микроэлементный состав субстрата и золы растений определен спектральным методом в Центральной лаборатории Уральского геологического управления.

*C. epigeios* широко распространен в формирующихся растительных сообществах в процессе самозарастания на нарушенных промышленностью землях. Это многолетнее травянистое поликарпическое длиннокорневищное растение с ползучими подземными побегами с явнополицентрическим типом биоморф, мезоксерофит, геофит, барохор [5, 6]. Данный вид нетребователен к почве, растет на песке, выносит значительное засоление. *C. epigeios* является одним из основных растений лесостепи Западной Сибири на солонцеватых и солонцевато-солончаковых почвах [7], образует почти чистые заросли. Обладает хорошо выраженной способностью к вегетативному возобновлению и размножению, выступает доминантом в естественных растительных сообще-

ствах. Е. М. Лавренко [8] назвал такие растения «победителями первого ранга в борьбе за существование». Балл постоянства этого вида в лесной зоне составляет 34, в лесостепной – 73, в степной – 15, а балл доминирования – 12, 50 и 11 [6, 9].

Сравнение содержания тяжелых металлов (ТМ) в субстрате золоотвалов свидетельствует о существенном обогащении золы многими ТМ по сравнению со средним содержанием в литосфере [10]. Среднее содержание Со в субстрате описываемых золоотвалов выше в 3,3 раза, Мо, V, Ti, Sr – в 1,5–2 раза. Особенно существенно превышение по Mn (в 8–10 раз), Cu (в 4–7 раз), Zn (в 3–5 раз), Pb (в 7–9 раз), Sn (в 2,8–7,7 раза), Be – более, чем в 3 раза. В то же время на золоотвалах ниже среднее содержание Y в 1,7 раза, Ga – в 2,5–2,7 раза, Zr почти в 3 раза, по сравнению с почвами Урала. Таким образом, субстрат золоотвалов по микроэлементному составу существенно отличается от почв Урала.

Спектральный анализ субстрата золоотвалов и КУР, надземной и подземной биомассы растений на 37 элементов показал наличие 19 из них. Независимо от возраста отвалов, рекультивационных мероприятий и зонального положения, содержание Cr, Mn, V, Ag, Sr, Be, Zr, Y превышает их содержание в территориально близких почвах, особенно Cr, Sr и Zr (более, чем в 2 раза). В субстрате золоотвала ЮУГРЭС ниже, по сравнению с окружающими почвами, содержание Ti, Cu, Zn, Pb, Sn.

Исследование коэффициентов биологического поглощения (КБП) надземной и подземной массой растений с золоотвала позволило выделить 2 группы ТМ: сильнонакопляемые (КБП – 10–1) – Ni, Mn, P, Zn, Pb, Ag, Mo, Ba, Sr; слабонакопляемые (КБП – 1–0,1–0,01) – Co, Sr, V, Ti, Be, Zr, Ga, Y [10]. На общем фоне достаточно сходных по содержанию ТМ золоотвалов и КУР выявлено влияние видоспецифичности формирующихся фитоценозов. В частности, Cu на золоотвале в лесостепной зоне по накоплению в подземной массе относится к сильно, а в таежной – к слабонакопляемым элементам, а Sn имеет противоположную тенденцию. Большинство изученных элементов накапливаются больше в корнях, чем в надземной массе, исключение составляют P, Mo, а на золоотвале ВТГРЭС еще и Mn, Ag, Ba (табл. 1).

На золоотвале ВТГРЭС (таежная зона) выше содержание в надземной массе Mn, Sc, Cu, Zn, Ag, Ba, Sr, Sn, Zr, La, Nb, Y, а в подземной – Ni, Cr, V, Ti, Mo, Ga, Li, примерно одинаковое Co, Pb, Be, Yb. Несколько иная картина прослеживается у *S. epigeios*, выросшем на золоотвале ЮУГРЭС (лесостепная зона): в надземной массе выше содержание Cr, Mn, V, Ti, Zn, Mo, Sr, La, в подземной – Ni, Co, Cu, Pb, Ba, Be, Ga, и большая часть элементов по содержанию в золе представлена примерно одинаково – Sc, Ag, Sn, Zr, Y, Yb, Nb, Li. Обращает на себя внимание, что зольность на золоотвалах ЮУГРЭС в более засушливых условиях выше, чем на золоотвале ВТГРЭС.

Содержание ТМ в субстрате разных отвалов сильно различаются. Для обобщенной характеристики рассматривается коэффициент вариации (%) содержания (средняя абсолютная величина) по отдельным элементам с учетом

всего массива данных независимо от отдельных отвалов, а для характеристики накопительной способности используется КБП. Как показали результаты, содержание ТМ в субстрате и растениях имеет довольно высокий уровень изменчивости, поэтому проведена градация уровней изменчивости содержания ТМ в субстрате из-под *C. epigeios* и в его биомассе на разных отвалах по величине коэффициентов вариации. Основную группу составляют ТМ, коэффициент вариации которых 20–40% (средний уровень изменчивости). В подземной массе *C. epigeios*, произрастающего в КУР, содержание одной группы ТМ варьирует в пределах 20–40%, а другой 60–80%, лишь для Ti, Be, Zr уровень изменчивости не превышает 20%.

Таблица 1

**Коэффициенты биологического поглощения ТМ *C. epigeios*,  
произрастающего на разных субстратах**

Местообитание	Биомасса	Коэффициенты биологического поглощения		
		10–1	1–0,1	0,1–0,01
<i>Золоотвал Верхнетагильской ГРЭС</i>				
Зола	Надземная	P, Ge, Zn, Pb, Ag, Mo, Ba, Sn, Zr	Ni, Cr, Mn, V, Ti, Cu, Zn, Sr, Be, Ga, Y, Yb	Co, Sc
	Подземная	Ni, Mn, Ge, Zn, Pb, Ag, Mo, Ba, Sn, Zr	Co, Cr, V, Ti, Sc, P, Cu, Sr, Be, Ga, Y, Yb	–
	Надземная	Ni, Mn, P, Pb, Ag, Ba, Sr, Sn, Zr	Cr, V, Ti, Cu, Be, Ga, Y, Yb	Sc
	Подземная	Ni, Mn, V, Cu, Pb, Ag, Ba, Sr, Sn, Zr	Cr, Ti, Sc, P, Be, Ga, Y, Yb	–
Зола + покрытие (почва)	Подземная	Mn, V, Ti, P, Ge, Zn, Mo, Ba, Zr, I	Ni, Co, Cr, Sc, Cu, Pb, Ag, Sr, Sn, Be, Ga, I, La, Nb, Li	–
<i>Золоотвал № 2 Южноуральской ГРЭС</i>				
Зола	Надземная	Ni, P, Ge, Zn, Ag, Mo, Ba	Co, Cr, Mn, V, Ti, Sc, Cu, Pb, Sr, Be, Zr, Ga, Y, Yb	La, Nb
	Подземная	Ni, Co, Mn, P, Ge, Cu, Zn, Ag, Mo, Ba, Ga	Cr, V, Ti, Ti, Pb, Sr, Be, Zr, Y, Yb	La, Nb
<i>Коркинский угольный разрез</i>				
Западный борт	Подземная	Ni, Cr, Mn, Sc, Ge, Zn, Ag, Ba, Be, Zr, Y	Co, V, Ti, P, Cu, Pb, Mo, Sn, Ga	Nb
	Подземная	Ni, Cr, Mn, P, Ge, Cu, Zn, Pb, Ag, Mo, Ba, Sn, Be, Zr, Y	Co, V, Ti, Sc, Nb, La	–
Юго-западный борт	Подземная	Ni, Cr, Mn, Ge, Zn, Pb, Ag, Mo, Ba, Zr, Y	Co, V, Ti, Sc, P, Cu, Ba, Sn, Be, La, Nb	–
Южный борт (на глубине 30 м)	Подземная	Ni, Co, Mn, Sc, P, Ge, Zn, Ag, Mo, Be, Zr, Y	Cr, V, Ti, Cu, Pb, Ba, Sn, La, Nb	–
Южный борт (на глубине 237 м)	Подземная	Ni, Co, Mn, P, Ge, Cu, Zn, Pb, Ag, Be, Zr, Y	Cr, V, Ti, Sc, Ba, Sn, La, Nb	–

Влияние субстрата и зонально-климатических условий на накопление ТМ в надземной и подземной массе, иллюстрируют ряды их биогенной концентрации, которые по расположению у *C. epigeios* существенно отличаются от подобных рядов биологической концентрации суммарной надземной массы в фитоценозах на одних и тех же местообитаниях (табл. 2), но с разным по свойствам субстратами. Большинство из обнаруженных 19 микроэлементов накапливается больше в подземной, чем в надземной массе. В надземной массе у растений с золоотвалов обеих ГРЭС больше накапливаются Р и Мо, а Sr примерно в равных количествах.

Таблица 2

**Ряды биогенной концентрации (по КБП) ТМ в надземной и подземной массе *C. epigeios* на разных субстратах**

Местообитание, субстрат	Биомасса	Ряды биогенной концентрации
<i>Золоотвал ВТГРЭС</i>		
Зола + покрытие	Надземная	Sc > Sr > La > Y > Yb = Li = Cu = Co > Ti > Ga > Cr > Ni = V = Be = Zr > Ba > Zn > Mn = Pb = Mo = Nb > Ag > Sn
	Подземная	Sc = Y > Ga > Sn > Cu > Ni = Yb = La > Zn > Pb > Ti > Zr > Ba > Be > Cr > Ag > Nb > Mo > V > Mn
Зола + покрытие	Надземная	Sc > Y > Mo > Sr > Yb > Cu > Co > Ba > La > Zr > Ti > Ga > Ni = Mn = V = Be = Nb > Cr > Pb > Ag > Zn > Sn
	Подземная	Zn > Sc > Co > Sr > Cu > Y > Yb > Li > Ti > Ga > Ni > Zr > Mo > Pb > Ba > La > Cr > V > Mn > Be > Nb > Sn > Ag
Зола	Надземная	V = Sc > Y > Cu > H > Cr > Yb > I > Ti > Ga > Zn = Be > Ni > Sr > Mn > Sn > Zr = Nb = Li > Ba > Ag > Pb > Ge > Mo
	Подземная	Co > Cu = Be > Sc = Y = Yb = La > V = Ga > Sr > Ti > Cr > Mo = Ba = Zr = Nb = Li > Sn > Mn > Zn = Ag > Ni > Pb > Ge
<i>Золоотвал Южноуральский ГРЭС</i>		
Зола («старый» золоотвал, под дамбой)	Подземная	Cr > Pb > Co > Y > Sn = La > Ni = Sc = Cu = Ag = Sr = Be = Ga = Nb = Li > Mn > Ba > Ti = Ge > V = Zn = Zr
Зола («новый» золоотвал)	Надземная	Ge > Y > Co > V > Ti > Be > La > Zr > Nb > Ga > Cr > Cu > Li > Ba > Zn > Ag > Sr > Sn > Mn > Ni
	Подземная	Nb > Cr = Ti = Sc = Be = Zr = Ga = Yb = Y = Ba > La > V > Sr > Mn > Co > Cu > Pb = Ag > Ni > Sn > Zn
<i>Коркинский угольный разрез</i>		
Западный борт	Подземная	Pb > Sn > Co > Mo > Cu > Ti > Ga > V > Ni > Ba > Zr > Cr > Mn > Zn > Be > Ag > Y > Sc > Ge > Nb
Западный борт	Подземная	Co > Ga > Sn > V > Ti > Cr > Sc > Cu > Ni > Ba > Be > Zr > Pb > Y > Mo > Ge > Nb > Ag
Юго-западный борт	Подземная	Ti > Co > Sc > Be > Ba > V > Ga > Cu > Cr > Ga > Ge > Y > Sn > Nb > Mo > Mn > Zn > Ni > Ag
Южный борт (глубина 30 м)	Подземная	Sn > V > Ti > Ga > Cr > Ba > Cu > Pb > Be > Zr > Ge > Sc > Zn > Mn > Nb > Mo > Y > Co > Ag > Ni
Южный борт (глубина 232 м)	Подземная	Ti > Sn > Sc > V > Ga > Ba > Cr > Pb > Cu > Be > Zr > Co > Ag > Mn > Ge > Y > Nb > Zn > Ni

Разница наблюдается по накоплению Mn, Ag, Ba, которые в растениях с золоотвалов ВТГРЭС больше накапливаются в надземной массе, а с золоотвала ЮУГРЭС – в подземной.

Таким образом, судя по широкому распространению *Calamagrostis epigeios* на отвалах независимо от зоны, где на 25–35 % он доминирует в формирующихся при самозарастании фитоценозах, думается, есть основание признать за этим видом высокую толерантность и пластичность по отношению к своеобразному геохимическому фону изученных неозкотопов.

Адаптация особей этого вида к изменению концентраций ТМ на отвалах, по сравнению с почвой, по большинству элементов идет по линии накопления их избыточных содержаний в надземной и подземной массе.

Особенно обогащена ТМ подземная масса растений с КУР. При этом угнетения растений и существенных тератологических (морфологических) изменений их в изученных экотопах практически не наблюдается.

*Работа выполнена при финансовой поддержке: Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания № 6.7696.2017/8.9.*

#### Литература

1. Ивлев А. М. Биогеохимия. М.: Высш. шк., 1986. 127 с.
2. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М.: Высш. шк., 1989. 528 с.
3. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991. 149 с.
4. Ковальский В. В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 281 с.
5. Цвелев Н. Н. Злаки СССР. Л.: Наука, 1976. С. 316–318.
6. Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.
7. Ларин И. В. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. М.: Гос. изд-во сельскохоз. литер., 1950. Т. 1. 568 с.
8. Лавренко Е. М. Об изучении эдификаторов растительного покрова // Сов. Бот. 1974. № 1. С. 142.
9. Чибрик Т. С., Елькин Ю. А. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях: (биологическая рекультивация). Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 220 с.
10. Глазовская М. А. О биологическом круговороте элементов в различных ландшафтных зонах (на примере Урала) // Докл. к VIII Междунар. Конгрессу почвоведов. М., 1964. С. 148–156.

### ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ АММОНИЯ В ПРОБАХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

*А. В. Ёлкина<sup>1</sup>, Г. Я. Кантор<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет,  
ae676333@gmail.com*

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

Электрохимические методы количественного химического анализа обладают рядом очевидных достоинств – прежде всего, это относительная про-

стота аппаратного оформления, пробоподготовки и процедуры анализа. Малогабаритные приборы с автономным электропитанием (кондуктометры, иономеры, оксиметры) позволяют проводить измерения непосредственно в полевых условиях, что существенно ускоряет процесс сбора экологической информации и делает его более точным и надёжным. Определение концентрации определённого иона в водном растворе сводится к измерению разности электрических потенциалов между соответствующим ионоселективным электродом и электродом сравнения, погружёнными в раствор. Современные электронные иономеры после калибровки серией стандартных растворов известной концентрации позволяют считывать концентрацию иона непосредственно с индикатора прибора. Однако потенциометрический метод измерения концентрации ионов имеет ряд известных недостатков, ограничивающих сферу его применения. Прежде всего, это невысокая стабильность метрологических характеристик некоторых ионоселективных электродов (особенно ионофорных электродов с полимерными мембранами), а также «эффект памяти», т.е. зависимость показаний прибора от результатов предыдущих измерений. Кроме того, существует проблема, общая для всех методов анализа – отличие условий измерения от условий калибровки. Калибровка обычно осуществляется серией растворов чистого реактива в дистиллированной воде, а реальная проба содержит неизвестные примеси, оказывающие влияние на результат анализа. Иногда это влияние оказывается очень сильным, что приводит к большим ошибкам.

Целью нашей работы является апробация таких приёмов потенциометрического анализа, которые сводят к минимуму указанные выше недостатки без существенного усложнения процедуры и увеличения времени анализа. Универсальным методом снижения влияния мешающих примесей является метод добавок, существующий в различных вариантах. При использовании этого метода нет необходимости в предварительной калибровке аналитического прибора. Фактически калибровка оказывается совмещённой по времени с измерением, что сводит на нет нестабильность характеристик сенсора.

Предлагаемый нами способ измерения концентрации аммоний-иона в пробе воды из поверхностного водного объекта является вариантом метода добавок с последующим разбавлением [1, 2]. Электрохимическая ячейка состоит из стеклянного стакана объёмом 100 мл, ионоселективного электрода ЭЛИС-NH<sub>4</sub>, и хлорсеребряного электрода сравнения. В стакан помещён магнит от магнитной мешалки. В качестве измерительного прибора используется рН-метр – иономер «Эксперт-001», работающий в режиме милливольтметра. Иономер подключён к компьютеру, на котором установлена и запущена программа приёма данных, графически отображающая процесс измерения потенциала в режиме самописца. Объём пробы составляет 50 мл.

Измерение производят следующим образом. В стакан наливают 50 мл исследуемой воды, включают магнитную мешалку, опускают электроды ниже середины уровня воды в стакане и включают режим измерения на иономере. После стабилизации потенциала фиксируют измеренное значение  $E_1$ . Далее

концентрацию аммония в пробе увеличивают на известную величину  $\Delta C$ . Это можно сделать разными способами, наиболее простой из которых состоит в следующем. На аналитических весах отвешивается навеска соли аммония, содержащая массу аммоний-иона, равную  $\Delta C \cdot 50$  мл. Из стакана пипеткой отбирается небольшая порция пробы, достаточная для растворения навески (электроды остаются погружёнными в пробу, процесс записи продолжается). После растворения навески раствор добавки сливается обратно в стакан. Потенциал ионоселективного электрода резко увеличивается, и после стабилизации фиксируют его значение  $E_2$ . Далее пипеткой из стакана отбирают точно 25 мл пробы с добавкой и изъятую жидкость замещают 25 миллилитрами дистиллированной воды. При этом необходимо следить, чтобы электроды оставались погружёнными в жидкость. После стабилизации потенциала фиксируют его значение  $E_3$ . На этом процесс измерения завершается.

Очевидно, что последняя операция уменьшает концентрацию аммония ровно в 2 раза. Это позволяет сразу же вычислить крутизну характеристики электрода:

$$S = \frac{E_2 - E_3}{\lg 2}$$

Скачок потенциала после введения добавки равен

$$E_2 - E_1 = S \cdot \lg \frac{C + \Delta C}{C} = S \cdot \lg \left( 1 + \frac{\Delta C}{C} \right),$$

где  $C$  – искомая концентрация аммония в пробе. Отсюда легко найти  $C$ :

$$1 + \frac{\Delta C}{C} = 10^{\frac{E_2 - E_1}{S}}; \quad \frac{\Delta C}{C} = 10^{\frac{E_2 - E_1}{S}} - 1; \quad C = \frac{\Delta C}{10^{\frac{E_2 - E_1}{S}} - 1}.$$

Учитывая, что  $10^{\frac{E_2 - E_1}{S}} = 10^{\left( \lg 2 \cdot \frac{E_2 - E_1}{E_2 - E_3} \right)} = 2^{\frac{E_2 - E_1}{E_2 - E_3}}$ , получим окончательный результат:

$$C = \frac{\Delta C}{2^{\frac{E_2 - E_1}{E_2 - E_3}} - 1}.$$

Экспериментальная проверка описанной методики была проведена на пробе воды из пойменного озера, загрязнённого нитратом аммония. Среднее значение из двух измерений концентрации иона аммония составило 117 мг/л. Погрешность измерения мы здесь не приводим, поскольку метрологические характеристики метода – это предмет отдельного исследования в ближайшем будущем. Интересно сравнить измеренную величину концентрации с результатами анализов этой же пробы, выполненных в научно-исследовательской экоаналитической лаборатории Вятского государственного университета методами, входящими в Федеральный реестр методик количественного химического анализа и оценки состояния объектов окружающей среды, допущенных для государственного экологического контроля и мониторинга. Результат

анализа фотометрическим методом по методике ПНД Ф 14.1:2:3.1-95 составил  $129 \pm 27$  мг/л, а ионно-хроматографический анализ (методика ФР.1.31.2008.01738) дал величину концентрации аммоний-иона  $115 \pm 17$  мг/л. Таким образом, потенциометрический метод определения концентрации иона аммония может давать результаты, полностью совпадающие с результатами альтернативных методов количественного химического анализа.

#### **Литература**

1. Камман К. Работа с ионселективными электродами. Пер. с нем. М.: Мир, 1980. 290 с.
2. Мидгли Д., Торренс К. Потенциометрический анализ воды. Пер. с англ. М.: Мир, 1980. 520 с.

## СЕКЦИЯ 2 МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ

### УЧЕТ РЕАКЦИЙ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

*Ю. П. Хранилов, Л. Л. Лобанова, Т. В. Еремеева, А. В. Захаров*  
Вятский государственный университет, *khran-yurij@yandex.ru*

При разработке технологий обезвреживания и утилизации отходов гальванических производств нередко ситуации, когда необходимо учитывать химические реакции, сопровождающиеся комплексообразованием, и на этой основе прогнозировать оптимальные условия техпроцесса. Классическим примером такого учета является применяемый на практике диапазон рН при реагентной очистке кислотных стоков (8,5–9,5) [1]. При более высоких значениях рН увеличивается остаточная концентрация амфотерных токсичных металлов (ТМ) в очищенных стоках из-за образования гидроксокомплексов типа  $M(OH)_m^{n-m}$  (рис. 1). Расчет остаточной концентрации ТМ проводили по уравнению [2]

$$[M] = [M^{n+}] (1 + \sum K_m [OH^-]^m), \quad (1)$$

где  $[M^{n+}]$  определяется из произведения растворимости (ПР) соответствующих гидроксидов [3],  $K_m$  – константы устойчивости соответствующих комплексов [3].

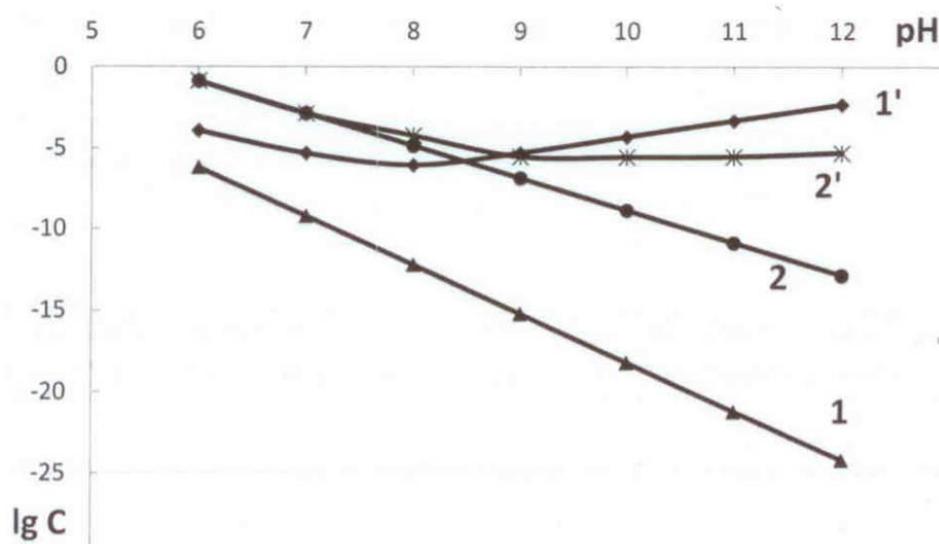


Рис. 1. Значения остаточной концентрации ТМ ( $\lg C$ , моль/л), рассчитанные без учета образования гидроксокомплексов (прямые 1, 2) и с учетом гидроксокомплексов (кривые 1', 2'). 1, 1' – Cr(III), 2, 2' – Zn

Из рисунка 1 можно видеть, что неучет образования гидроксокомплексов дает значения растворимости ТМ на несколько порядков ниже реальных значений.

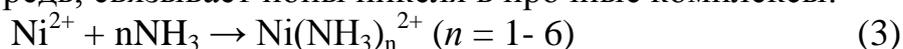
Ниже приведены некоторые результаты работ, выполненных на кафедре ТЭП ВятГУ, в которых при разработке технологий нейтрализации или утилизации гальванических отходов предприятий г. Кирова и области учитывались сопутствующие реакции комплексообразования.

На нескольких заводах используют высокотемпературные (90–95 °С) растворы химического никелирования базового состава, г/л: сульфат никеля семиводный – 20–25; гипофосфит натрия – 8–12; другие компоненты. При нанесении покрытия раствор подкисляется, поэтому для поддержания рН во время работы вводят аммиак или раствор NaOH. При использовании аммиака концентрация аммонийного азота в отработанном растворе химического никелирования (ОРХН) может достигать до 1,2 моль/л. Залповый сброс ОРХН осуществляется часто (примерно раз в неделю) из-за накопления в растворе фосфита натрия.

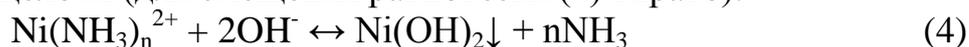
Накопление аммонийного азота при эксплуатации раствора химического никелирования приводит к тому, что при последующей нейтрализации ОРХН щелочными реагентами аммонийный азот трансформируется в аммиачный:



а тот, в свою очередь, связывает ионы никеля в прочные комплексы:



Это приводит к значительному росту общей растворимости никеля по сравнению с ситуацией, когда ОРХН не содержит аммонийного азота. Для разрушения аммиачных комплексов и осаждения никеля требуется значительный избыток щелочи (для смещения равновесия (4) вправо):



В соответствии с [2], общая активность никеля в растворе  $[\text{Ni}]$  складывается из активности простых ионов  $\text{Ni}^{2+}$ , определяемой из ПР гидроксида никеля и зависящей от рН; активности никеля в виде гидроксокомплексов с константами устойчивости  $K_m$ ; активности никеля в виде аммиачных комплексов с константами устойчивости  $K_n$ :

$$\begin{aligned} [\text{Ni}] &= [\text{Ni}^{2+}] + [\text{Ni}^{2+}] \cdot \sum_{1-3}^m K_m [\text{OH}^-]^m + [\text{Ni}^{2+}] \cdot \sum_{1-6}^n K_n [\text{NH}_3]^n = \\ &= [\text{Ni}^{2+}] \cdot \left( 1 + \sum_{1-3}^m K_m [\text{OH}^-]^m + \sum_{1-6}^n K_n [\text{NH}_3]^n \right) \end{aligned} \quad (5)$$

Для расчета растворимости никеля по уравнению (5) значения ПР,  $K_m$  и  $K_n$  были взяты из [3].

Результаты расчетов (рис. 2) показывают, что рН минимума растворимости никеля определяется содержанием  $\text{NH}_4^+$  в ОРХН и находится в пределах 11,9–13,1. С учетом того, что ОРХН в основном содержат около 1 моль·л<sup>-1</sup> ионов  $\text{NH}_4^+$ , осаждение гидроксида никеля следует заканчивать при рН 13.

На рисунке 3 представлено сопоставление расчетных значений растворимости никеля и определенных химическим анализом значений остаточной концентрации никеля в процессе нейтрализации ОРХН раствором NaOH. Анализ на никель проводили трилонометрическим, либо фотоколориметрическим методом. При расчете растворимости никеля учитывали, что при нейтрализации ОРХН происходит разбавление раствора и уменьшается суммарная концентрация всех форм азота.

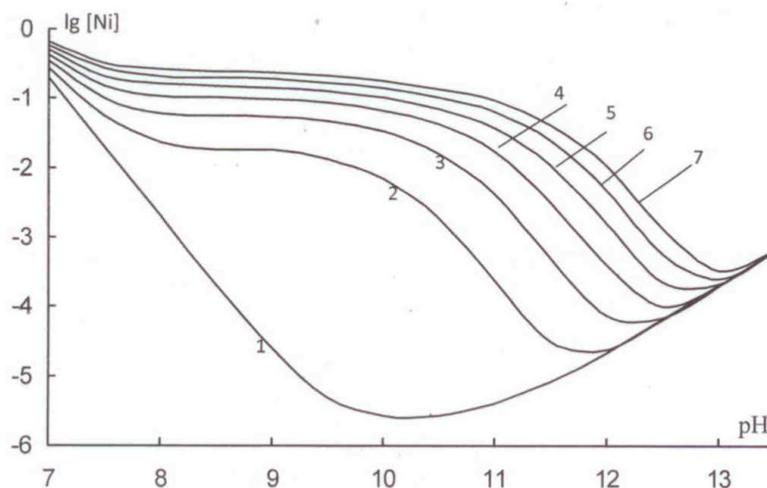


Рис. 2. Расчетные значения растворимости никеля ( $\lg [Ni]$ , моль/л) при различной общей концентрации аммонийного азота (моль/л): 1–0; 2–0,2; 3–0,4; 4–0,6; 5–0,8; 6–1,0; 7–1,2

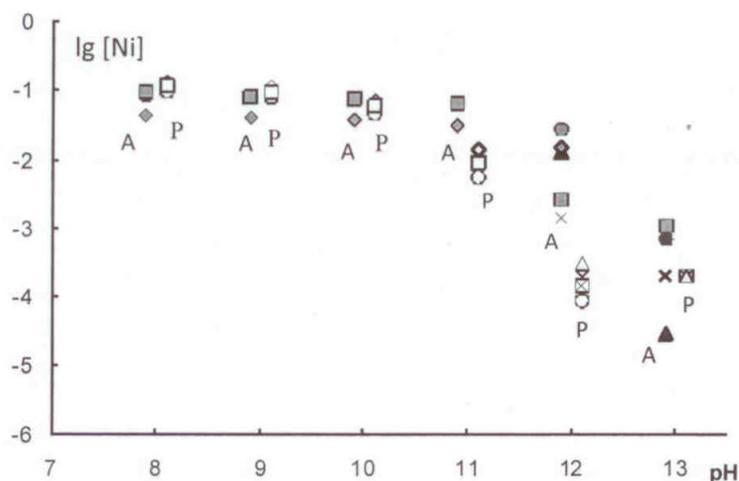


Рис. 3. Расчетные (P) значения растворимости никеля и определенные химическим анализом (A) значения остаточной концентрации никеля при титровании ОРХН 10%-м раствором NaOH до различных значений pH

Хорошее совпадение расчетов с экспериментом при pH 8-10 и 13 свидетельствует о корректности принятых при расчетах допущений. Некоторое превышение аналитических значений концентрации никеля над расчетными при pH 11–12 предположительно может быть объяснено образованием в этой

области многоядерных гидроксокомплексов и смешанных гидроксоаммиачных комплексов. Примерами таких комплексов могут служить  $\text{Fe}_2(\text{OH})_2^{4+}$ ,  $\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2^+$  [2]. Однако указанное несоответствие не опровергает сделанный ранее вывод о необходимости доведения рН до 13. Поскольку аммонийный азот в ОРХН препятствует нейтрализации стоков, содержащих цинк, кадмий, медь, ОРХН следует обезвреживать отдельно, что не является проблемой из-за довольно малых объемов ОРХН.

Другая работа направлена на утилизацию разнообразных отработанных хромсодержащих растворов (ОХР) гальванотехники, содержащих соединения  $\text{Cr}(\text{VI})$ , путем получения свинцового крона ( $\text{PbCrO}_4$ ) – пигмента для лакокрасочной промышленности [4]. Вывод из эксплуатации хромсодержащих растворов обусловлен накоплением в них примесей  $\text{Fe}(\text{III})$ ,  $\text{Cr}(\text{III})$ ,  $\text{Al}$ . Освободиться от указанных примесей можно переводом их в малорастворимые гидроксиды с последующей фильтрацией ОХР. Для обоснования рН осаждения примесей проведены расчеты их остаточной концентрации с учетом образования гидроксокомплексов по уравнению (1) (рис. 4).

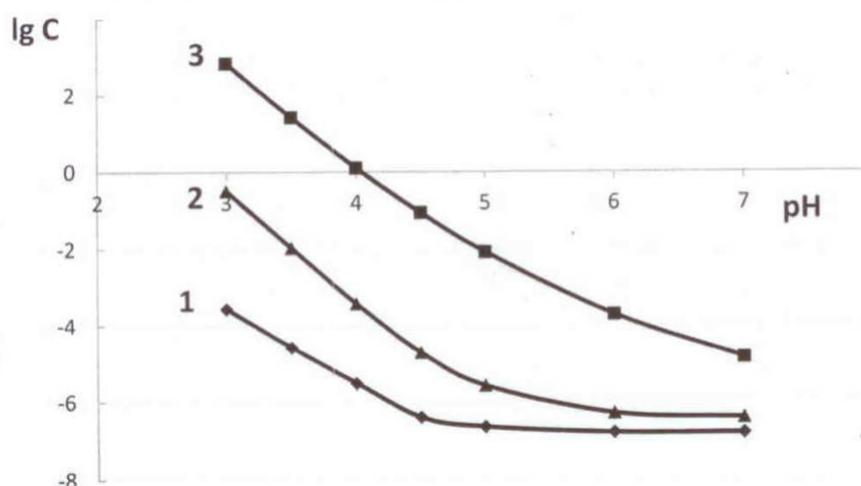


Рис. 4. Расчетное изменение концентрации примесей  $\lg C$  (моль/л) в зависимости от величины рН раствора. Примесный ион:  
1 –  $\text{Fe}(\text{III})$ ; 2 –  $\text{Al}$ ; 3 –  $\text{Cr}(\text{III})$

Из результатов расчетов следует, что при доведении рН ОХР до 5 железо и алюминий практически полностью переходят в гидроксидный шлам. Концентрация  $\text{Cr}(\text{III})$  (в виде гидроксокомплексов) на 4–5 порядков выше, однако в ОХР, содержащем шестивалентный хром, и трехвалентный хром перейдет в шлам из-за образования нерастворимых хромихроматов различного состава. Очистка от катионных примесей позволила получить пигмент высокого качества, соответствующий маркам крон лимонный КЛ-1 и КЛ-2.

Третья работа связана с электрорафинированием медного порошка, загрязненного железом (такой порошок образуется при централизованной нейтрализации медьсодержащих отходов гальванических производств в АО «Куприт», г. Киров). При электролизе электролит постепенно обогащается ионами  $\text{Fe}^{3+}$ , образующимися в результате анодного растворения железной состав-

ляющей порошка и окисления ионов  $\text{Fe}^{2+}$  кислородом воздуха, растворенного в электролите. Поскольку равновесный потенциал реакции  $\text{Fe}^{3+} + e \rightarrow \text{Fe}^{2+}$  значительно положительнее равновесного потенциала медного электрода [3], катионы  $\text{Fe}^{3+}$  восстанавливаются на катоде одновременно с ионами меди, что снижает катодный выход по току целевого продукта (чистой меди).

Было высказано предположение о том, что связывание  $\text{Fe(III)}$  в отрицательно заряженные анионные комплексы затруднит их доставку к отрицательно заряженной поверхности катода и адсорбцию на катоде. В свою очередь, это приведет к снижению выхода по току для реакции  $\text{Fe}^{3+} + e \rightarrow \text{Fe}^{2+}$  и увеличению катодного выхода по току меди. В качестве недефицитного комплексообразователя был выбран ион  $\text{F}^-$  (в виде фторида натрия). Были предварительно рассчитаны ионные равновесия в системе  $\text{Fe}^{3+} - \text{F}^-$ .

При расчетах были составлены (с использованием констант устойчивости комплексов) уравнения для общей концентрации ионов трехвалентного железа

$$[\text{Fe}^{3+}]_{\text{общ}} = [\text{Fe}^{3+}] + [\text{FeF}^{2+}] + [\text{FeF}_2^+] + [\text{FeF}_3] + [\text{FeF}_4^-] + [\text{FeF}_5^{2-}] + [\text{FeF}_6^{3-}] \quad (6)$$

и для суммы концентраций ионов фтора

$$[\text{F}^-]_{\text{общ}} = [\text{F}^-] + [\text{FeF}^{2+}] + 2 \cdot [\text{FeF}_2^+] + 3 \cdot [\text{FeF}_3] + 4 \cdot [\text{FeF}_4^-] + 5 \cdot [\text{FeF}_5^{2-}] + 6 \cdot [\text{FeF}_6^{3-}] \quad (7)$$

Расчеты показали, что доля анионных железо-фторидных комплексов в общем содержании железа в электролите составляет 42, 96 и почти 100 % соответственно при концентрациях  $\text{NaF}$  10, 20 и 30 г/л. Опыты по определению катодного выхода по току меди подтвердили высказанное предположение о затруднениях в побочном процессе восстановления ионов  $\text{Fe(III)}$  при введении в электролит фторида натрия (рис. 5).

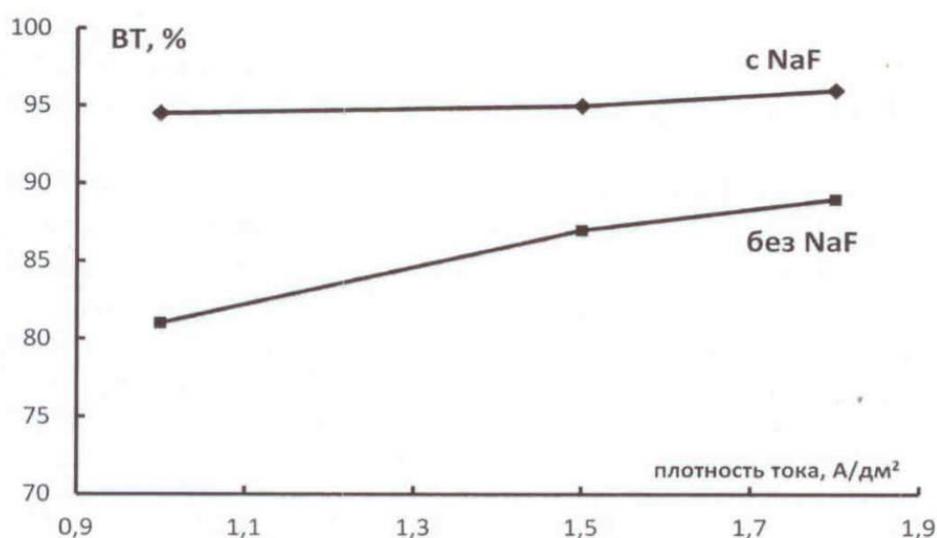


Рис. 5. Влияние введения  $\text{NaF}$  (30 г/л) в электролит рафинирования меди, содержащий ионы  $\text{Fe}^{3+}$ , на катодный выход по току меди

### Литература

1. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. М.: Произв.-издат. Предприятие «Глобус», 1998. 302 с.
2. Батлер Дж. Н. Ионные равновесия. Л.: Химия, 1973. 448 с.
3. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. 6-е изд. М.: Химия, 1989. 448 с.
4. Горева Т. В., Хранилов Ю. П. Теоретические основы и технология электрохимического способа получения свинцового крона из отходов гальванического производства // Журнал прикладной химии. 2007. Т. 80. Вып. 1. С. 63–66.

## НОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ГЛУБИННОЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ МОРСКИХ ВОД

*С. А. Аскерова*

*Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку, Азербайджан*

Хорошо известно, что индексы качества морской воды составляются путем придания коэффициента веса к каждому из показателей загрязнения и дальнейшего усреднения этих показателей используя ту или иную функцию. Одним из наиболее часто используемых индексов качества воды является взвешенный среднегеометрический индекс качества воды, определяемый как [1]

$$WQI_{WG} = \prod_i^n S_i^{a_i} \quad (1)$$

Общий недостаток подобных индексов качества морской воды заключается в отсутствии учета разной степени загрязненности морских вод по глубине.

Целью настоящей статьи является синтез на базе индекса (1) упрощенной модели вертикального распределения двухкомпонентного суммарного загрязнения морских вод в зонах, подверженных аномальному загрязнению нефтяными углеводородами.

В качестве основных загрязняющих компонентов рассматриваются тяжелые металлы и углеводородные компоненты сырьевой нефти или углеводородного топлива.

Несколько подробно рассмотрим закономерности вертикального распределения тяжелых металлов в морской воде. Как отмечается в работе [2], концентрация и распределение тяжелых металлов в морской воде контролируется суммарным воздействием нескольких процессов. Сюда можно отнести такие процессы, как загрязнения речными водами; загрязнения из-за ветров, вносящих аэрозольные частицы в морские воды, а также гидротермальная циркуляция на океанических рифах.

Согласно работе [3], концентрации тяжелых металлов существенно различны в Тихом океане и Атлантическом океане. При этом, концентрация тяжелых металлов увеличивается до глубины  $\approx 1000$  м, затем происходит некоторое уменьшение.

Рассмотрим вопрос о вертикальном распределении различных нефтяных углеводородов в морской воде.

Согласно работе [4], где было изучено состояние загрязненности Северного Каспия, в течение года такие реки как Волга и Урал вносят в акваторию моря фенолов 653т и 101т, СПАВ – 5120т и 567т соответственно.

Характерные графические данные вертикального распределения концентрации дизельного топлива, через 24 часа после разлива приведены в работе [5].

Детальное ознакомление результатами вышеуказанных работ, позволяют нам, заключить, что вертикальное распределение концентрации тяжелых металлов и органических веществ взаимно инверсны, т.к. концентрации тяжелых металлов по глубине растет, а органических веществ уменьшается. Если в первом приближении, для малого участка глубины линейно аппроксимировать функции  $C_{Т.М.}(h)$  и  $C_{О.В.}(h)$ , где  $C_{Т.М.}(h)$  – распределение концентрации тяжелых металлов по глубине  $h$ ;  $C_{О.В.}(h)$  – распределение концентрации органических веществ по глубине  $h$ , получим:

$$C_{Т.М.}(h) = C_{Т.М.}(0) + K_{Т.М.} \cdot h \quad (2)$$

$$C_{О.В.}(h) = C_{О.В.}(0) - K_{О.В.} \cdot h \quad (3)$$

где:  $K_{Т.М.}$  – крутизна линейной функции (2);  $K_{О.В.}$  – крутизна линейной функции (3);  $K_{О.В.} = \text{const}$ .

$h_m$  – максимальная величина  $h$  где осуществляется линейная аппроксимация функций  $C_{Т.М.}(h)$  и  $C_{О.В.}(h)$ .

Умножив левую и правую сторону (2) на безразмерный коэффициент  $K_0$ , где

$$K_0 \cdot K_{Т.М.} = K_{О.В.}, \quad (4)$$

получим

$$K_0 \cdot C_{Т.М.}(h) = K_0 C_{Т.М.}(0) + K_{О.В.} \cdot h \quad (5)$$

Из выражений (3) и (5) получим

$$C_{О.В.}(h) + K_0 \cdot C_{Т.М.}(h) = C_{О.В.}(0) + K_0 C_{Т.М.}(0) \quad (6)$$

Выражение (6) позволяет нам выработать следующее ограничительное условие

$$F_1 = \int_0^{h_m} [C_{О.В.}(h) + K_0(C_{Т.М.}(h) - C_{Т.М.}(0))] dh = C; \quad (7)$$

$$C = \text{const}$$

где:

$$C = h_m \cdot C_{О.В.}(0) \quad (8)$$

С учетом вышеизложенного, задачу исследования в настоящей статье сформулируем следующем образом: насколько реально применение оценки (1) для вычисления усредненной степени загрязненности моря в рассматриваемой двухкомпонентной модели загрязнения и не обладает ли модель (1) нежелательными экстремальными свойствами при объективно существующих зависимостях (2), (3) и при ограничительном условии (7).

Для решения данного вопроса составим задачу безусловной вариационной оптимизации, сформировав с учетом выражения (1) следующий функционал оптимизации

$$F_2 = \int_0^{h_m} [C_{O.B.}^{\omega_1}(h) \cdot C_{T.M.}^{\omega_2}(h)] dh. \quad (9)$$

С учетом выражений (7) и (9) сформируем функционал безусловной вариационной оптимизации

$$F_3 = \int_0^{h_m} [C_{O.B.}^{\omega_1}(h) \cdot C_{T.M.}^{\omega_2}(h)] dh - \lambda F_1 \quad (10)$$

где  $\lambda$  – множитель Лагранжа.

Хорошо известно [6], что решение исследуемой задачи относительно  $C_{T.M.}(h)$  должно удовлетворить условию

$$\frac{d\{[C_{O.B.}^{\omega_1}(h) \cdot C_{T.M.}^{\omega_2}(h)] - \lambda \cdot F_1\}}{d \cdot C_{T.M.}(h)} = 0. \quad (11)$$

Из выражения (11) получим

$$C_{T.M.}(h) = \omega_2^{-1} \sqrt{\frac{\lambda \cdot K_0}{\omega_2 C_{O.B.}^{\omega_1}(h)}}. \quad (12)$$

Величина множителя Лагранжа может быть вычислена из условия

$$\int_0^{h_m} [C_{O.B.}(h) + K_0 \cdot \omega_2^{-1} \sqrt{\frac{\lambda \cdot K_0}{\omega_2 C_{O.B.}^{\omega_1}(h)}} - K_0 \cdot C_{T.M.}(0)] dh = C \quad (13)$$

Не приводя излишние математические подробности вычисления множителя Лагранжа, обозначим вычисленное значение этого множителя как  $\lambda_0$ . В этом случае из выражения (12) легко получим выражение

$$C_{T.M.}(h)_{extr} = K_1 \cdot C_{O.B.}(h) \quad (14)$$

где:

$$K_1 = \omega_2^{-1} \sqrt{\frac{\lambda \cdot K_0}{\omega_2}} \quad (15)$$

Легко показать, что при условии (14)  $F_3$  достиг бы максимума, однако, согласно исходным выражениям (2) и (3), функции  $C_{T.M.}(h)$  и  $C_{O.B.}(h)$  являются парафазными, т.е. рост одного из них сопровождается уменьшением другого. Следовательно, условие (14) не может быть выполнено, т.е. усредненная оценка  $F_2$  не будет проявлять нежелательные экстремальные свойства применительно к парафазным зависимостям концентрации  $C_{T.M.}(h)$  и  $C_{O.B.}(h)$  от глубины вод.

Следовательно, применительно к двум основным компонентам загрязнения морских вод, характеризующихся парафазной зависимостью их концентрации от глубины акватории можно ввести среднеинтегрированный по глубине показатель общей загрязненности, определяемой по выражению (9). При этом, концентрация указанных загрязнителей, определяемые выражениями (2) и (3), должны удовлетворять условию (7). Основным итогом проведенного исследования заключается в выяснении того факта, что среднеинтегрированный по параметру  $h$  среднегеометрический показатель суммарного двухкомпонентного загрязнения морских вод загрязнителями имеющими концентрации, парафазно зависящие от указанного параметра не обладает экстремаль-

ными свойствами и может быть использована в качестве интегрального показателя степени объемного загрязнения морской акватории.

#### Литература

1. L. Fu, Y. C. Wang. Statistical Tools for Analysing Water Quality Data. [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com).
2. Bruland K. W., Lohan M. C. Controls of trace Metals in Seawater. [https://websites.pmc.ucsc.edu/~kbruland/Manuscripts/BRULAND/BrulandChpt6\\_02\\_TraceMetals.pdf](https://websites.pmc.ucsc.edu/~kbruland/Manuscripts/BRULAND/BrulandChpt6_02_TraceMetals.pdf)
3. Donat J. R., Bruland Trace elements in the oceans. [https://websites.pmc.ucsc.edu/~kbruland/Manuscripts/BRULAND/BrulandChpt6\\_02\\_TraceMetals.pdf](https://websites.pmc.ucsc.edu/~kbruland/Manuscripts/BRULAND/BrulandChpt6_02_TraceMetals.pdf)
4. Гюль А. К. Фараджова Л. Н. О распределении техногенных примесей в Северном Каспии «Bakı Universitetinin xəbərləri», Təbiət elmləri seriyası, 2010, С. 160–166.
5. Клеванный К. А. Опыт моделирования распространения нефтепродуктов во взволнованном море // Океанология Ученые записки. № 43. С. 96–105.
6. Эльсгольц Л. Е. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М.: Наука, 1974. 432 с.

### ИЗУЧЕНИЕ СНЕГОВОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТНОГО ИНДЕКСА

*Е. С. Долинина, Т. А. Адамович*  
*Вятский государственный университет,*  
*dolininakate28@gmail.com, ttjnadamvich@rambler.ru*

Снег является хорошим индикатором распространения загрязнений вокруг крупных городов. Загрязняющие вещества выпадают из атмосферы в сухом виде и с осадками и накапливаются в снежном покрове на больших расстояниях от источников – промышленных предприятий, транспортных коммуникаций [1]. Загрязнение снега влияет на яркость изображения на космических снимках, что даёт возможность совместно с результатами обработки проб снега картографировать площади и интенсивность загрязняющих воздействий. Наиболее ощутимы различия в характеристиках снежного покрова в городах и на фоновых территориях весной, хотя закладываются они ещё зимой. При снеготаянии эти контрасты становятся более выраженными за счёт накопления загрязняющих веществ, вытесняющихся из снега.

С помощью данных космосъемки возможно фиксировать границы распространения снежного покрова на обширных территориях [2]. Повторные снимки создают условия для изучения динамики изменения снежных площадей. Наличие снега на открытых безлесных участках определяется с большой достоверностью и точностью. При дешифрировании снежного покрова лесных территорий приходится ориентироваться на заснеженность открытых площадок: болот, вырубок, озер [3]. На космических снимках городских территорий отчётливо проявляется осаждение на снежный покров аэрозолей антропогенного происхождения. На них участки загрязненного снега выглядят

как тёмные пятна и отражают динамику атмосферных процессов переноса пыли от источников. В зимний период времени значительная часть территории города покрыта снегом, и в следствие этого основные источники взвешенных веществ расположены над поверхностью земли и их выбросы носят организованный характер.

Оперативное картографирование снежного покрова и скорость отступления его границ в весенний период традиционно используются для решения практических задач, прежде всего, для гидрологических прогнозов. Средствами гидрологического моделирования определяется водозапас, осуществляется прогноз стока, снегового половодья в бассейнах рек. Ряд параметров для этого можно получить дистанционными методами. Это площадь бассейна реки, покрытая снегом, лесистость, распаханность [4]. Некоторые параметры можно оценить косвенно. Например, зоны, охваченные снеготаянием, выявляются в ближнем инфракрасном диапазоне спектра, а мощность снежного покрова рассчитывается по ряду последовательных снимков, скорости продвижения границ снегонакопления и температуре воздуха.

Основным источником информации для выделения снежного покрова является альbedo поверхности в видимом и ближнем ИК-диапазонах [5, 6]. Чистый, свежесвыпавший снег в видимом диапазоне имеет альbedo, близкое к 1,0. Альbedo тающего, грязного (запылённого) снега может снизиться до 0,4. Отражательная способность свежего снега очень велика в видимой части электромагнитного спектра, но она становится меньше ближе к инфракрасной части спектра, особенно если размер снежных зёрен увеличивается. Вдобавок к этому промышленное загрязнение способствует появлению сажи на снегу, а наличие сажи уменьшает отражательную способность снега и ускоряет процесс его таяния [7].

*Нормализованный разностный снежный индекс (Normalized difference snow index, NDSI)* – показатель покрытия территории снегом, предназначен для обнаружения снега на земной поверхности по данным дистанционного зондирования Земли. Он позволяет различать на космических снимках заснеженные территории от облаков. Для расчёта индекса используются значения спектральной яркости в зелёном (0,5–0,6 мкм) и среднем инфракрасном (0,76–0,96 мкм) диапазонах спектра.

Индекс NDSI вычисляется по формуле:

$$NDSI = (GREEN - SWIR) / (GREEN + SWIR),$$

где GREEN – отражение в зелёной области спектра (0,5–0,6 мкм), SWIR – отражение в средней инфракрасной области спектра (0,76–0,96 мкм).

Диапазон значений индекса от -1 до 1. Для участков земной поверхности, занятых снегом значение индекса более 0,4.

Оценка наличия или отсутствия снежного покрова основана на обработке данных дистанционного зондирования, построения растрового изображения нормализованного разностного снежного индекса NDSI. Карты снежного покрова NDSI генерируются по данным Landsat-8 и Sentinel-2 с про-

странственным разрешением 30 и 10 метров соответственно. Назначение карт снежного покрова:

- определение сроков установления и схода снежного покрова, анализ сроков установления и схода снежного покрова относительно средних многолетних сроков;
- определение продолжительности залегания снежного покрова;
- мониторинг негативных природных процессов, таких как вымерзание посевов, раннее установление снежного покрова.

### **Литература**

1. Прокачева В. Г., Усачев В. Ф. Снежный покров в сфере влияния города. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 176 с.
2. Василевич М. И., Шапов В. М., Василевич Р. С. Применение спутниковых методов исследования при оценке загрязнения снежного покрова вокруг промышленных предприятий в тундровой зоне // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 2. С. 50–60.
3. Кашкин В. Б., Сухинин А. И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учеб. пособие. М.: Логос, 2001.
4. Царев В. А. Неконтактные методы измерения в океанологии. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2005. 184 с.
5. Чандра А. М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А. М. Чандра, С. К. Гош. М.: Техносфера, 2008. 312 с.
6. Савиных В. П., Цветков В. Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 2001. 228 с.
7. Бураков Д. А., Кашкин В. Б., Сухинин А. И. Методика определения заснеженности речного бассейна по спутниковым данным для оперативных прогнозов стока // Метеорология и гидрология. 1996. № 8. С. 100–109.

## **ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНОГО КРИТЕРИЯ**

*М. Г. Кургузкин, П. М. Кургузкин*

*Автономное учреждение «Управление Минприроды УР»,  
mgk@minpriroda-udm.ru, 18kpm@mail.ru*

Наряду с широким использованием удельного комбинаторного индекса загрязненности вод (УКИЗВ) и более простых критериев [1] для оценки состояния водных объектов, известны исследования [2, 3], в которых на первом этапе анализируется внутренняя структура исходных данных в виде результатов анализов проб. Необходимость такого анализа возникает, прежде всего, вследствие потенциальной коррелированности определенной части исходных данных. В этой ситуации использование различного рода комплексных оценок и критериев, как правило, позволяет получить лишь результирующий эффект влияния отдельных поллютантов на качество вод. Анализ индивидуальных особенностей створов с точки зрения изменения совокупности веществ, влияющих на показатели загрязнения, находится за рамками возможностей указанных оценок и критериев.

Таким образом, основной целью предварительного анализа исходных данных является их структурирование на основе поиска корреляций и снижения так называемого «информационного шума».

Эффективным средством предварительного анализа результатов мониторинга водных объектов является классический метод главных компонент (МГК) [4]. Его использование позволяет снизить размерность массива исходных данных за счет введения некоррелированных линейных функций (главных компонент) параметров, описывающих состояние водного объекта. В рассматриваемом случае под параметрами понимаются концентрации загрязняющих веществ в створах наблюдения. Переход от многомерных массивов коррелированных данных к главным компонентам позволяет отстроиться от «информационного шума» и выявить основные факторы, определяющие текущее состояние системы.

В свою очередь, сами главные компоненты могут быть основой для формирования критериев оценки состояния (загрязнения) элементов окружающей природной среды, включая водные объекты. В работах [5, 6] предложен вариант векторного критерия, который использован для оценки загрязнения почв и поверхностных вод.

В настоящей работе рассмотрены результаты использования УКИЗВ и векторного критерия загрязнения (ВКЗ) для оценки состояния поверхностных вод реки Ува на отрезке между п. Ува и с. Вавож Удмуртской Республики.

Указанный участок разделен на 17 створов наблюдения, первый из которых расположен выше п. Ува и условно принят за «фоновый». Для каждого створа выполнялся анализ проб по 13 показателям. Таким образом, в качестве исходной информации используется массив «размерностью»  $17 \times 13$ .

В каждом створе рассчитывалась величина УКИЗВ и на основе МГК определялись главные компоненты информационной матрицы.

Применение процедуры МГК к массиву результатов анализов проб воды в створах показало, что 65% изменчивости исходного массива описывается при использовании двух главных компонент: **D1** и **D2**. Первая главная компонента является линейной комбинацией концентраций БПК<sub>5</sub>, ХПК, растворенного кислорода, рН, сухого остатка, хлорид-иона и иона аммония, общего железа, магния, нитрат-, фосфат-, сульфат- и хлорид-иона. Она описывает 42,3% изменчивости системы. Вторая главная компонента определяется величинами концентраций нитрит и нитрат-ионов, сульфат-иона, АПАВ, нефтепродуктов и взвешенных веществ. Описывает 23,4% изменчивости системы.

Далее на базе главных компонент **D1** и **D2**, являющимися проекциями на главные оси, в каждом створе восстановлен вектор  $V$  [5], модуль которого использовался в качестве оценки степени загрязнения поверхностных вод и обозначен выше как ВКЗ.

Результаты расчета УКИЗВ и ВКЗ приведены на рисунке 1, где цифрами по оси абсцисс обозначены створы, в которых производился пробоотбор.



Рис. 1. Кривые изменения УКИЗВ (светлая линия) и ВКЗ (темная линия)

Как следует из рисунка 1, в створах 2, 6 и 13 наблюдается резкий рост обоих показателей загрязнения. Качество воды оценивается характеристикой «грязная». Анализ ситуации позволяет связать первые два пика с антропогенным влиянием п. Ува (выпуски сточных вод местных предприятий), а третий пик с аналогичным воздействием на территории с. Вавож. На удалении от п. Ува вниз по течению до с. Вавож качество воды повышается до состояния «загрязненная», что может свидетельствовать о сохранившемся потенциале самоочищения реки.

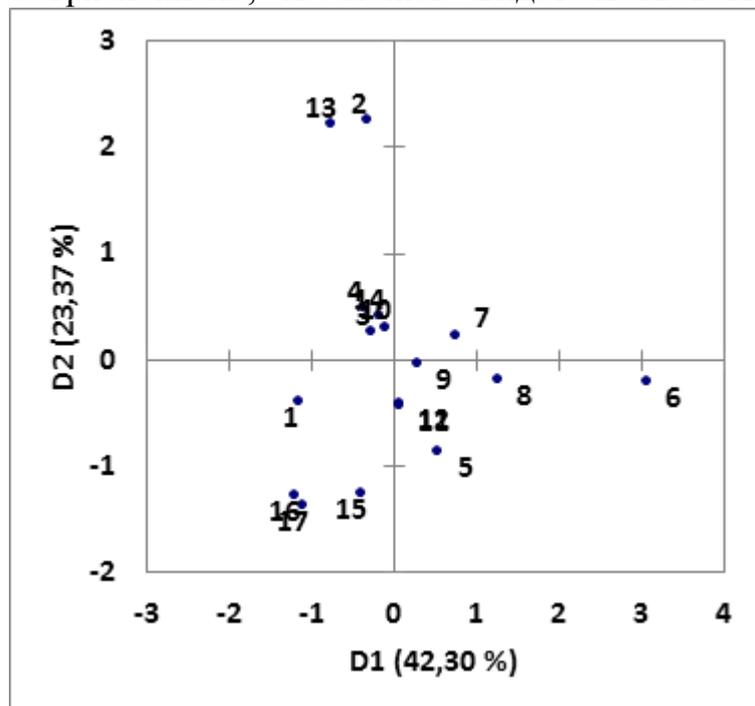


Рис. 2. Координаты створов на плоскости главных компонент

самоочищения реки.

В целом кривые УКИЗВ и ВКЗ одинаково отражают изменения уровня загрязнения воды в створах, что дает основания для использования векторного критерия для оценки ее качества.

На рисунке 2 приведена совокупность точек, обозначающих створы наблюдения на плоскости главных компонент.

Анализ рисунка показывает, что в первом приближении большая часть точек образует кластер вокруг центра координатных осей.

Наиболее удаленными относительно этого кластера являются створы 2, 6, и 13, что полностью соответствует рисунку 1. Вместе с тем расположение указанных выше трех точек относительно осей координат показывает, что характер загрязнения в створах 2 и 13 определяется веществами, входящими в линейный многочлен главной компоненты **D1** (см. выше), а в створе 6 – веществами, входящими в **D2**. Таким образом, использование МГК позволяет наглядно выявлять изменение совокупности веществ, определяющих качество водотока в отдельных створах, что дает возможность более точной идентификации потенциального источника загрязнения.

### Литература

1. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности вод по гидрохимическим показателям. СПб: Гидрометиздат, 2003. 50 с.
2. Руш Е. А., Давыденко А. Ю. Экологический мониторинг: методы статистического анализа оценки и контроля качества объектов окружающей среды Приангарья // Инженерная экология. № 5. 2006. С. 3–26.
3. Полищук Ю. М., Кочергин Г. А., Перемитина Т. О. Геоинформационная методология анализа радиационного загрязнения речных систем // Проблемы экологического риска. № 3. Т. 2. 2005. С. 208–220.
4. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. Пер. с англ. М: Мир, 1982. 488 с.
5. Кургузкин М. Г., Кургузкин П. М. Вариант векторного критерия оценки экологического состояния территории // Биодиагностика природных и природно-техногенных систем: Материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2017. С. 25–27.
6. Кургузкин М. Г., Кургузкин П. М. Вариант критерия оценки экологического состояния водных объектов // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2018. С. 20–23.

## МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ ЭФФЕКТА НАСЫЩЕНИЯ НОРМАЛИЗОВАННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА В ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ

*Ш. Н. Джахидзаде*

*Национальное аэрокосмическое агентства, г. Баку,  
Азербайджанская Республика, zshane@mail.ru*

Известно, что отражение растительности в красной зоне сильно зависит от содержания хлорофилла в растениях: чем больше хлорофилла, тем меньше отражения. В свою очередь, отражение растительности в NIR диапазоне обусловлено внутренней структурой клеток растений: чем здоровее растение, тем больше отражения. Как указывается в работах [1–6], индекс листовой площади (LAI) является одним из наиболее информативных вегетационных индексов и позволяет объективно оценить состояние развития растительности. Тем не менее, оценка LAI применительно к низкорослым растениям сопряжена

технологическими трудностями. Для преодоления указанной проблемы часто используют косвенный метод: путем косвенной оценки LAI с помощью NDVI. Так, согласно [2], в результате исследования полуаридных луговых полей в Монгольской провинции Китая было получено следующее выражение, связывающее LAI и NDVI

$$LAI=0,128 \cdot \exp(NDVI/0,311) \quad (1)$$

Как отмечается в работе [7], во избежание недостатка NDVI, заключающегося в насыщении при высоких значениях LAI, следует использовать индекс WdVI, определяемый как

$$WdVI = NIR - g \cdot Red \quad (2)$$

где: NIR – сигнал отражения в зоне ближнего ИК диапазона (0,77–0,86 мкм);

Red – сигнал отражения в зоне красного (0,62–0,86 мкм); g – крутизна почвенной линии.

Согласно работе [8], индекс WdVI был сформирован на базе индекса PVI, определяемого как

$$PVI = (\sin \alpha) \cdot NIR - (\cos \alpha) \cdot R \quad (3)$$

где:  $\alpha$  – угол между почвенной линией и осью NIR.

В отличие от PVI индекс WdVI позволяет избежать больших значений, получаемых при вычислении PVI. в тоже время, WdVI подвержен влиянию нестабильности атмосферы. Как указывается в работе [9], такое влияние обусловлено воздействием суммарного водяного пара и аэрозолем.

Целью настоящей статьи является исследование возможности разработки новой методики компенсации эффекта насыщения NDVI при высоких значениях LAI путем применения индекса WdVI в качестве компенсирующего фактора. Согласно [10], WdVI вычисляется по формуле

$$WdVI = r_{i1} - C_r \quad (4)$$

где:  $r_{i1}$  – суммарный отраженный сигнал в ближнем ИК диапазоне:

$C_r$  определяется как

$$C_r = \frac{r_{s,ir}}{r_{s,r}} \quad (5)$$

где:  $r_{s,ir}$  – отраженный от почвы сигнал в ближнем ИК диапазоне;

$r_{s,r}$  – отраженный от почвы сигнал в красной зоне.

Согласно вышеуказанной модели между WdVI и LAI существует следующая функциональная зависимость

$$LAI = -\left(\frac{1}{\alpha}\right) \ln\left(1 - \frac{WdVI}{LAI}\right) \quad (6)$$

Показатели  $\alpha$  и  $r_{s,i,r}$  должны быть определены эмпирическим путем.

Регрессионные линии зависимости LAI от WdVI показаны на рисеurt 1 (при разных значениях  $\alpha$ ) и рис. 2 (при разных значениях  $r_{s,i,r}$ )

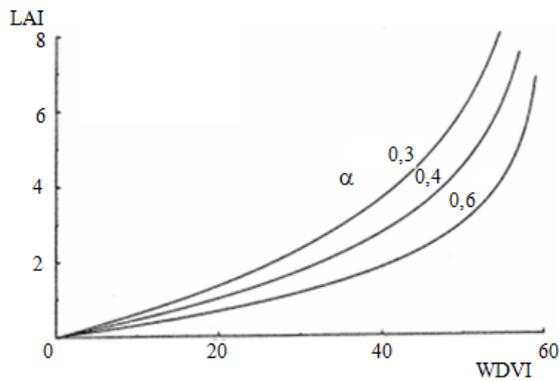


Рис. 1. Кривые регрессионной зависимости  $LAI$  от  $WDVI$  при разных значениях  $\alpha$

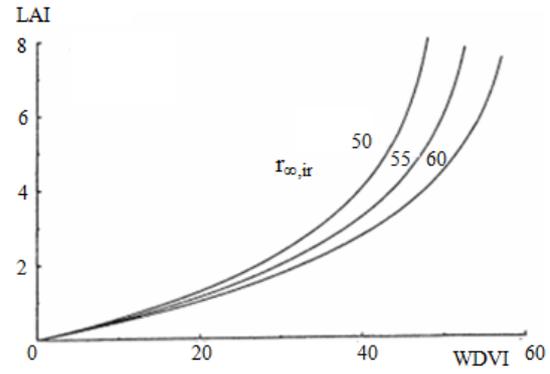


Рис. 2. Кривые регрессионной зависимости  $LAI$  от  $WDVI$  при разных значениях  $r_{\infty,r}$

Выражение (1) в общем случае запишем как

$$LAI = a_1 \exp \frac{WDVI}{a_2} \quad (7)$$

где:  $a_1 = 0,128$ ;  $a_2 = 0,311$ .

Далее, проведем масштабирование  $LAI$  и  $NDVI$  в выражении (7) и запишем (7) в следующем виде

$$k_1 \cdot LAI = k_1 \cdot a_1 \exp \frac{k_2 \cdot WDVl}{k_2 \cdot a_2} \quad (8)$$

Очевидно, что выражения (7) и (8) одно и то же.

Постоянные  $k_1$  и  $k_2$  выберем из следующих условий

$$k_1 \cdot LAI_{1,max} = WDVl_{max} \quad (9)$$

$$k_2 \cdot NDVI_{max} = LAI_{1,max} \quad (10)$$

$$\text{при } LAI_{1,max} = 8 \quad (11)$$

$$NDVI_{max} = 1 \quad (12)$$

$$WDVI_{max} = 60 \quad (13)$$

Из выражений (9–13) получим

$$k_1 = \frac{WDVI_{max}}{LAI_{1,max}} = \frac{60}{8} = 7,5 \quad (14)$$

$$k_2 = \frac{LAI_{1,max}}{NDVI_{max}} = \frac{8}{1} = 8 \quad (15)$$

Графическую зависимость функции

$$k_1 = LAI_1 = f(k_2 \cdot NDVI) \quad (16)$$

нанесем на график функции (6), поменяв места аргумента и функции, т.е. осуществим следующую операцию:

$$\begin{aligned} &\text{функция выражения (6) + аргумент выражения (8) =} \\ &\text{аргумент выражения (6) + функция выражения (8)} \end{aligned} \quad (17)$$

В результате графического выполнения операции (17) получим

$$LAI + k_2 NDVI = -\left(\frac{1}{\alpha}\right) \cdot \ln\left(1 - \frac{WDVI}{r_{\infty i, r}}\right) + k_1 LAI_1 \quad (18)$$

Из выражения (18) при условии  $LAI = LAI_1 = LAI_0$  находим

$$LAI_0(1 - k_1) = -\left[ k_2 NDVI + \ln\left(1 - \frac{WDVI}{r_{\infty i, r}}\right)^{1/2} \right] \quad (19)$$

Из выражения (19) находим

$$LAI_0 = \frac{k_2 NDVI + \ln\left(1 - \frac{WDVI}{r_{\infty i, r}}\right)^{1/2}}{k_1 - 1} \quad (20)$$

Проанализируем выражение (20). При росте  $LAI_0$  в зоне малых значений  $LAI_0$  будет происходить почти линейный рост  $NDVI$ . Однако, т.к. при этом  $WDVI$  будет стремительно расти, как результат скорость роста  $NDVI$  значительно уменьшится. В зоне роста  $LAI_0$  при больших значениях  $LAI_0$  будет происходить обратный процесс, т.е. фактическое насыщение  $WDVI$  приведет к дополнительному росту  $NDVI$ . Вышеуказанный процесс условно отображен на рисунке 3.

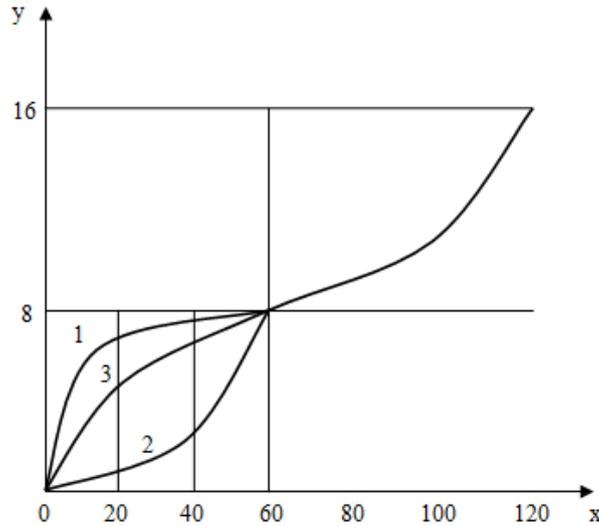


Рис. 3. Условное отображение функций (8) (обозначена как 1), (7) (обозначена как 2), (18) (обозначена как 3). Принятые обозначения:

$$x = -\left(\frac{1}{\alpha}\right) \cdot \ln\left(1 - \frac{WDVI}{r_{\infty i, r}}\right) + k_1 LAI_1 \cdot y = LAI + k_2 NDVI$$

Как видно, из условного графического отображения результата операции (17) графического сложения функций (7) и (8) нелинейность функции (3) значительно меньше, чем нелинейность функций 1 и 2. Следовательно, графоаналитическим путем синтезированная функция (20) может быть представлена в качестве линеаризованного комбинированного индекса  $LAI_0 = \varphi(NDVI, WDVI)$  обладающего более высокой информативностью, чем  $NDVI$  и  $WDVI$  взятых в отдельности.

## Литература

1. Mroz M., Sobieraj A. Comparison of several vegetation indices calculated on the basis of a seasonal spot vs time series, and their suitability for land cover and agricultural crop identification // Technical sciences. 2004. № 7.
2. Fan L., Gao Y., Bruke H., Bernhofer Ch. Investigating the relationship between NDVI and LAI in semi – arid grassland in Inner Mongolia using in-situ measurements // Theoretical and climatology. 2009. Vol. 95. Issue 1–2. P. 151–156.
3. Fumin W., Jingfeng H., La C. Development of a vegetation index for estimation of leaf area index based on simulation modeling // Journal of Plant Nutrition. 2010. 33: 3. P. 328–338.
4. Fumin W., Jingfeng H., Yanlin T., Xiuzhen W. New vegetation index and its application in estimating leaf area index of rice // Rice Science. 2007. 14(3). P. 195–203.
5. Clevers J. G. P. W. The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of Leaf Area Index // Remote Sensing Environ. 25: 53-69. Cultural University Wageningen. 86–4. 227 p.
6. Clevers J. G. P. W. The application of a weighted infrared-red vegetation index for estimating Leaf Area Index by correcting for soil moisture // Remote Sensing Environ. 29: 25-37. P. 319–332.
7. Srinivas P., Das B.K., Saibaba J., Krishnan R. Application of Distance Based Vegetation index For Agricultural Crops Discrimination // Journal of Physics: Conference Series, ADRIN
8. Taghreed A. H. Naji Study of vegetation cover distribution using DVI, PVI, WdVI indices with 2D – space plot, 2018// J. Pys.: Conf. Ser. 1003 012083.
9. Basso B., Cammarono D., Vita P. De. Remotely sensed vegetation indices: Theory and applications for crop management // B Rivista Italiana Agrometeorologia 2004. №1. P. 36–53.
10. Clevers J. G. P. W. Application of the WdVI in estimating LAI at the generative stage of barley // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 46. 1991. P. 37–47.

## ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ВЫХОДА ИОНОВ МЕДИ(II) ИЗ КОЛОНКИ С КАТИОНИТОМ КУ-2-8

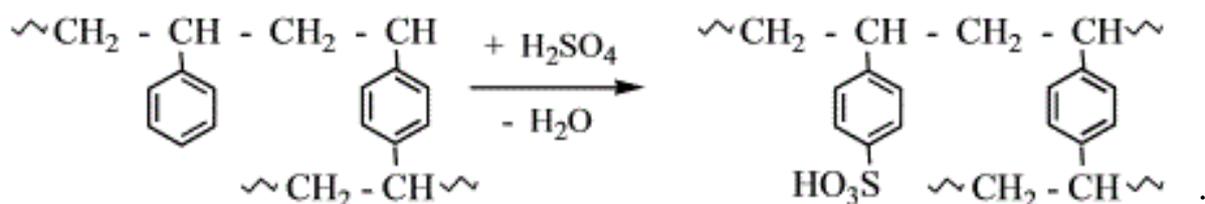
*Е. В. Рязанова, А. И. Фокина*

*Вятский государственный университет, ryazanovakat17@gmail.com*

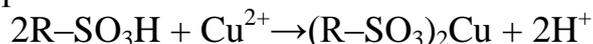
В аналитической химии прочно обосновалось применение различных катионитов, в частности, для целей разделения и концентрирования. Известно, что в методиках анализа часто фигурирует процесс отделения меди, чтобы исключить ее негативное влияние на аналитический сигнал, например, цинка и глутатиона при определении их методом инверсионной вольтамперометрии [1, 2] или концентрировании раствора, содержащего металл, в случаях недостаточной для его определения чувствительности метода [3]. При концентрировании ионов металлов активно используют различные катиониты. Однако применение катионита КУ-2-8 изучено не до конца. Поэтому целью работы было изучение динамики выхода ионов меди(II) из колонки с катионитом КУ-2-8 после концентрирования на нем иона металла из раствора сульфата меди(II). В качестве регенерирующих растворов рассматривали 5%-ные растворы серной и соляной кислот.

Катионит КУ-2-8 – многофункциональная сильнокислотная смола. В физическом виде представляет собой зерна сферической формы, способные к набуханию и нерастворимые в воде. Имеет цвет от желтого до коричневого.

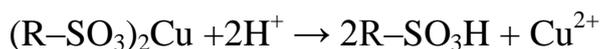
Метод прямого сульфирования позволяет получить катионит с достаточно высокой степенью чистоты без дальнейшей обработки и использовать его в медицине, пищевой промышленности:



Основной характеристикой катионита является присутствие в составе кислотных групп, водород которых может обмениваться на ионы металлов, имеющих в растворе:



Регенерацию катионита проводят в кислой среде согласно уравнению реакции:



Раствор сульфата меди(II) объемом 100 см<sup>3</sup> и с концентрацией ионов меди(II), равной 25 мкмоль/дм<sup>3</sup> пропускали при рН = 10,0 ед. (использовали аммиачный буферный раствор) через колонку с исследуемым катионитом. Колонкой служил корпус от медицинского шприца диаметром 2 см и высотой 6,5 см. После сорбции ионов металла на катионите, через последний пропускали регенерирующий раствор, на выходе собирая раствор порциями по 20,0 см<sup>3</sup>. Скорость пропускания составила 2 см<sup>3</sup>/мин. Концентрацию ионов меди(II) в получаемых после пропускания порциях (каждые 20 см<sup>3</sup>) определяли методом прямой потенциометрии с помощью иономера лабораторного «И-160МИ» и ионселективного электрода «ЭЛИС-131Cu». Данный метод экспрессный и легко автоматизируемый, он не требует дорогой и сложной аппаратуры. Поэтому его широко применяют в практике, в частности, при исследовании состава природных и сточных вод, почв, технологических растворов; в анализе пищевых продуктов, биологических жидкостей и т. п.

На основании полученных данных был построен график зависимости концентрации ионов меди(II) в вымываемых порциях раствора от общего объема затраченной кислоты (рис.).

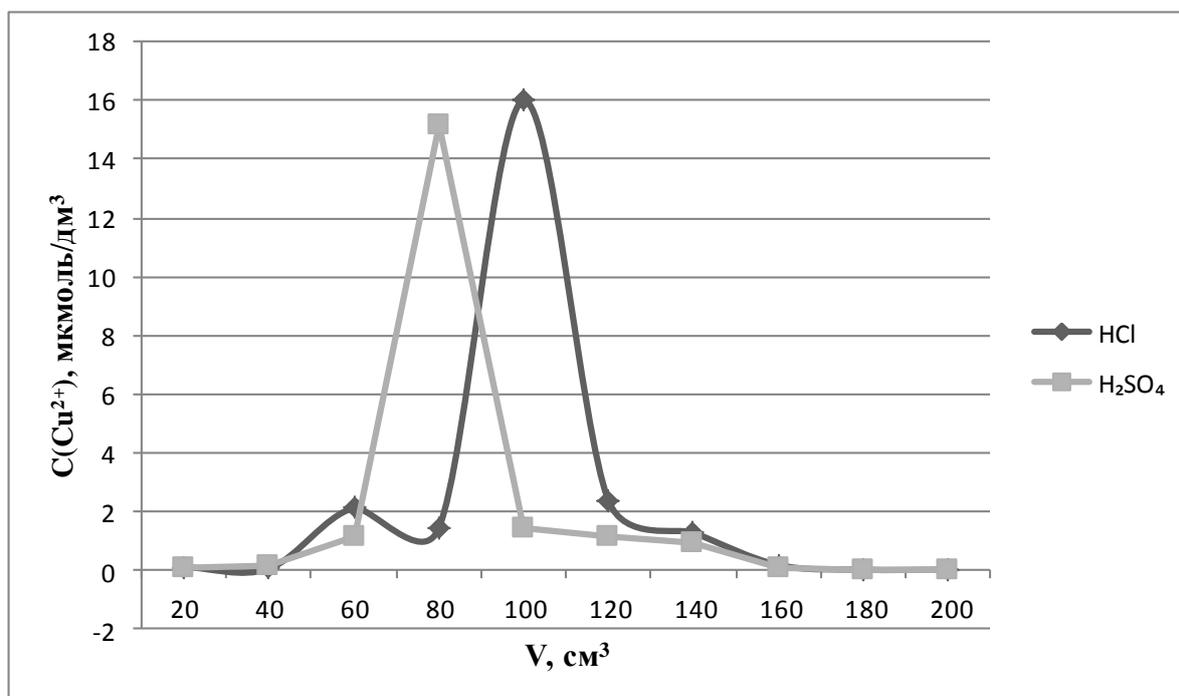


Рис. Динамика вымывания ионов меди(II) из колонки с катионитом КУ-2-8

Установлено, что для 100%-ого выхода ионов меди(II) потребовался раствор с большим объемом, чем объем исходного раствора соли меди. Что указывает на то, что данным способом не удалось получить раствор более концентрированный, чем исходный. Однако, установлено, что способ может быть перспективен для отделения меди. Показано, что при пропускании кислых растворов, ионы меди(II) начнут переходить в раствор, что необходимо учитывать при создании методик анализа. Для полной регенерации необходимо затратить не менее 140–160 см<sup>3</sup> 5%-ого раствора кислоты. Вымывания не происходит с первыми порциями кислот, а после выхода основной части ионов меди(II) следует промывать колонку еще 3–4 раза.

#### Литература

1. Лялина Е. И., Фокина А. И., Ашихмина Т. Я., Мингазов М. А. Определение восстановленного глутатиона методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе с вращающимся дисковым углесталловым электродом // Бутлеровские сообщения. 2016. Т. 48. № 10. С. 119–127.
2. Сборник методик измерений концентрации ионов меди, кадмия, цинка, висмута, марганца и никеля методом вольтамперометрии на вольтамперометрическом анализаторе «Экотест-ВА». М.: ООО «Эконикс-Эксперт», 2004. 61 с.
3. РД 52.24.427-2013 Массовая концентрация цинка, меди, железа, марганца и никеля в водах. Методика измерений атомно-абсорбционным методом с атомизацией в пламени. Ростов-на-Дону, 2013.

# ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ИНДЕКСЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

*Р. Н. Абдулов*

*НИИ Министерства Оборонной промышленности  
Азербайджанской Республики*

*Баку, Азербайджанская Республика, rauf-abdulov@yandex.ru*

В настоящей статье анализируется проблема использования широко распространенного нормализованного дифференциального вегетационного индекса, связанная с зашумленностью и эффектом насыщения сигнала красной зоны.

Прежде всего рассмотрим существующую практику учета влияния шумов при вычислении вегетационных индексов. В идеальном случае, вегетационный индекс должен быть чувствительным к какому-либо физическому параметру (например, LAI, PAR или концентрация хлорофилла в листьях), и не проявлять свойства насыщения при росте этих параметров. Очевидно, что вегетационный индекс должен быть нечувствительным к таким шумовым факторам, как влияние почвы, атмосферы, структуры кроны растения, взаиморасположения солнца – растения – измерителя, а также топографии местности. Указанные факторы можно разделить на две группы: 1) учитываемые факторы (почва, атмосфера, взаиморасположения солнца, растительности и измерителя, топография местности); 2) неучитываемые или трудноучитываемые факторы (структура кроны растений, индивидуальные особенности растений, взаимовлияние растений и т. д.). Для учета влияния шумов в работах [1–3] были предложены такие показатели, как относительный эквивалентный шум [1], эквивалентный шум растительности [2], функция чувствительности [3], требующие полевые и лабораторные измерения биофизических показателей растительности. Для учета топографических и геостатических особенностей развития растительности были развиты такие методы вычисления сигнал/шум, как метод гомогенного участка, геостатический метод и т. д. [4].

Вместе с тем, такие трудноучитываемые факторы, как структура кроны, взаимовлияние растений и т.д. в принципе оказывают непосредственное воздействие на развитие самого растения, т.е. приводят к вариациям полезного сигнала, получаемого от растения методом отражательной спектроскопии. Указанное обстоятельство показывает, что шумовой фактор воздействует как аддитивно, так и мультипликативно, т.е. отраженный сигнал, полученный с помощью спектрорадиометра должен быть представлен как

$$I_{отр}(\lambda) = \alpha_1(\lambda) \cdot I_p(\lambda) + \alpha_2(\lambda) \quad (1)$$

где  $I_{отр}(\lambda)$  – идеальный сигнал без шумов на выходе спектрорадиометра;  $\alpha_1(\lambda)$  – мультипликативный шумовой коэффициент;  $I_p(\lambda)$  – отражательный сигнал растения;  $\alpha_2(\lambda)$  – аддитивная шумовая составляющая.

Кроме вышесказанного, хорошо известен эффект насыщения отраженного сигнала растений в красной зоне, что еще более увеличивает информа-

ционную неопределенность красной зоны. Все вышеуказанное вносит существенную неопределенность в вопрос выбора длин волн для получения отсчетов в RED и NIR зонах.

Согласно работе [5], в спектро радиометре AVHRR для исключения неопределенностей, вызванных неудобствами красной зоны, сигнал этой зоны был заменен на сигнал зеленой зоны. Возникающая проблема идентичности показаний MODIS и AVHRR в работе решалась путем замены в MODIS сигнала красной зоны на сверточный сигнал, составленный из взвешенной комбинации красной и зеленой зон. Даже в этом случае, относительно полного совпадения показаний этих двух спектро радиометров достигнуто не было. Выходом из положения в данном случае, как нам представляется, являются:

1. Отказ от практики невзаимосвязанного выбора длин волн проводимых измерений в зонах RED и NIR.

2. Выработка параметрического критерия взаимосвязанности выбираемых длин волн в зонах RED и NIR.

Предлагаемый принцип взаимосвязанного выбора длин волн, проводимых измерений в зонах RED и NIR заключается в следующем:

1. Составляется скалярная величина

$$S_1 = \alpha_1 \cdot R_{NIR} (Chl) + \alpha_2 \cdot R_{RED} (Chl) \quad (2)$$

где:  $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ ;  $R_{NIR}$ ,  $R_{RED}$  – отраженные сигналы соответственно в ближней инфракрасной зоне и красной зоне.

При заданной величине  $\alpha_1$ , при известной величине концентрации Chl, равной Chl, выбор  $\lambda_{RED}$  выбирается так, чтобы при значении концентрации хлорофилла 2Chl выражение (2) достигло бы своего минимума.

Взамен традиционной формуле NDVI, имеющей вид

$$NDVI_{трад} = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (3)$$

предлагается модифицированный нормализованный дифференциальный индекс

$$NDVI_{mod} = \frac{NIR - RED^*}{\alpha_1 NIR + \alpha_2 RED^*} \quad (4)$$

где  $RED^*$  означает отсчет на той длине волны  $\lambda_{RED}$  в красной зоне, которая связана с длиной волны  $\lambda_{NIR}$  согласно вышеизложенному принципу.

Как видно из предлагаемой формулы модифицированного нормализованного дифференциального индекса (4) знаменателем этой формулы является выражение (2), следовательно, при увеличении концентрации Chl величина  $NDVI_{mod}$  будет стремиться к максимуму. Это свойство  $NDVI_{mod}$  позволяет несколько уменьшить свойство насыщения NDVI при высоких значениях концентрации хлорофилла. Приведем результаты проведенного модельного исследования, подтверждающие увеличение линейности функциональной зависимости дифференциального вегетационного индекса в некотором диапазоне изменения концентрации Chl. В качестве основы для проводимых модельных

исследований приняты экспериментальные данные, полученные при дистанционном зондировании кукурузных полей [5].

Вычисленные значения уменьшения нелинейности при переходе от известного к предложенному индексу составило соответственно 9,5% и 6,1%. Такое значительное уменьшение нелинейности индекса (4) по сравнению с индексом (3) за счет взаимосвязанного выбора  $\lambda_{\text{NIR}}$  и  $\lambda_{\text{RED}}$  позволяет нам рекомендовать индекс (4), названный нами взаимосвязанным нормализованным дифференциальным вегетационным индексом (INDVI), для использования взамен NDVI.

Таким образом, предлагаемый принцип взаимосвязанного выбора длин волн отсчетов в красной и близкой инфракрасной зонах отражательного спектра растительных полей, а также предложенный на основе этого принципа новый нормализованный дифференциальный вегетационный индекс позволяют существенно уменьшить нелинейность известного индекса NDVI, вызванного насыщением сигнала красной зоны при высоких концентрациях хлорофилла.

#### Литература

1. Baret F., Guyot G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment // Remote Sens. Environ. 1991. 35 (2–3). P. 161–173.
2. Huete A.R., Post D.F., Jackson R.D. Soil spectral effect on 4 – space vegetation discrimination // Remote Sens. Environ. 1984. 15. P. 155–165.
3. Ji L., Peters A. J. Performance evaluation of spectral vegetation indices using a statistical sensitivity function // Remote Sensing of Environment. 2007. 106. P. 59–65.
4. Lei J., Zhang L., Rover J., Wylie B. K., Chen X. Geostatistical estimation of signal – to – noise ration for spectral vegetation indices // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2014. 96. P. 20–27.
5. Gitelson A. A., Kaufman Y. J. MODIS NDVI Optimization To Fit the AVHRR Data Series – Spectral Considerations // Remote Sensing of Environment 1998. No 66. P. 343–350.

### НОВЫЕ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

*Д. Е. Пугачев<sup>1,2</sup>, Т. С. Кострюкова<sup>1</sup>, Г. В. Затонский<sup>2</sup>, Н. С. Осин<sup>2</sup>,  
Н. В. Васильев<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Московский государственный областной университет,  
kaf-obhim@mgou.ru*

<sup>2</sup> *ФГУП ГосНИИ Биологического приборостроения*

В конце 70-х годов возник новый тип иммунодиагностики, связанный с флуоресцентным ответом взаимодействия пары антиген-антитело на основе хелатов лантаноидов, который уже в начале 80-х нашел коммерческое применение. Иммунофлуоресцентный анализ (ИФА) получил широкое распространение в клинической практике, однако менее известно его применение для экологических целей, хотя существуют задачи быстрого специфичного анали-

за загрязнений вирусами, риккетсиями, токсинами. Высокая чувствительность, специфичность и производительность достигаются в методиках лантанидного иммунофлуоресцентного анализа (ЛИФА), благодаря применению сенсibilизаторов люминесценции лантаноидов. Такие сенсibilизаторы представляют собой комплексоны, обладающие высокой экстинкцией за счет ароматического или гетероароматического фрагмента. Координационные связи с ионами редкоземельных элементов, чаще всего с европием III, достигаются аминокарбоксильными функциями или β-дикетонатными функциями [1–3]. При этом β-дикетоны образуют комплексы в более широком диапазоне pH. В настоящей работе рассмотрены методы получения новых β-дикарбонильных соединений, обладающих люминесцентными свойствами.

Известно, что одним из перспективных лигандов для ЛИФА является бензофураноилтрифторацетон **1** (рис. 1). Синтез и люминесцентные свойства комплексов описаны в патенте [4]. В частности, описано, что максимум возбуждения люминесценции комплексов **1** с  $\text{Eu}^{3+}$  находится в области 360 нм. Время задержки люминесценции превышает 600 мкс, что достаточно важно для практических методик определения аналитов в флуоресцентном анализе с временной отсрочкой.

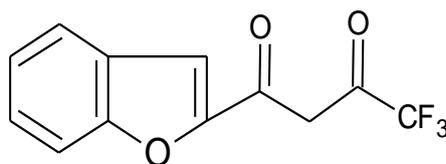


Рис. 1. Лиганд европия – бензофураноилтрифторацетон **1**

Вместе с тем, бензофуранилсодержащий лиганд **1** не подходит для ряда методик анализа, поскольку не имеет подшивочных групп, присутствие которых облегчает конъюгирование с белковыми молекулами [5].

Интересным также представлялось увеличение дентатности лигандов, которое приводит к увеличению устойчивости комплексов. Для получения веществ гетероциклического типа, соответствующих таким требованиям, нами осуществлен синтез симметричного тетракетона **3**, который получали действием 2 моль ацетилбензофурана **2** на 1 моль диэтилоксалата в ТГФ в присутствии гидрида лития с выходом 48%.

Используя 2,5 моль диэтилоксалата и 1 моль ацетилбензофурана **2** с выходом в 64% получали этоксикарбонилсодержащий лиганд – кетоэфир **4**. Гидрид лития оказался оптимальным реагентом для этих процессов. При изучении других оснований в качестве катализаторов реакции Кляйзена оказалось, что использование в качестве основания трет-бутилата калия провоцировало осмоление реакционной смеси, а гидрид натрия давал сниженные выходы.

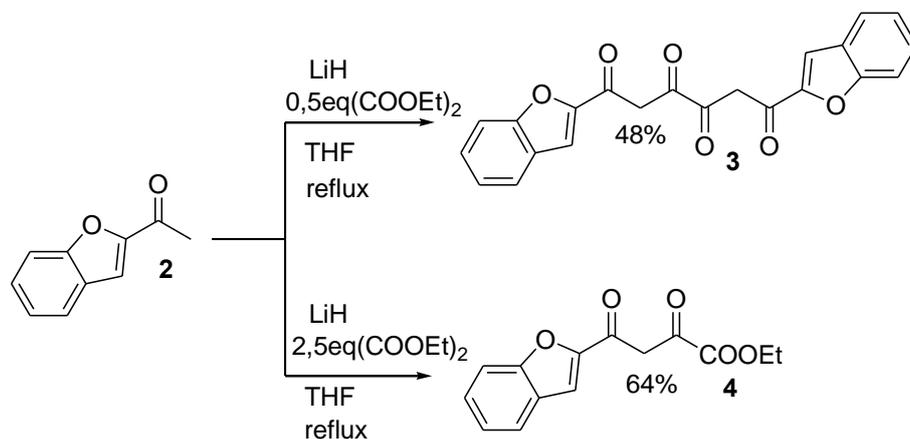


Рис. 2 Конденсация диэтилоксалата с 2-ацетилбензофураном

При проведении исследования люминесцентно-спектральных свойств лигандов выявлены следующие особенности. Для соединения **4**, по сравнению с трифторметильным дикарбонильным соединением **1**, характерно более длинноволновое поглощение ( $357 \pm 2$  нм;  $\epsilon = 2,4 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \times \text{см}^{-1}$ ). При добавлении к **4** раствора  $\text{Eu}^{3+}$  и ТОФО (триоктилфосфиноксид) в соотношении 1:3:2 (Eu:4:ТОФО) происходит батохромный сдвиг, максимум поглощения смещается к  $371 \pm 2$  нм (рис. 3).

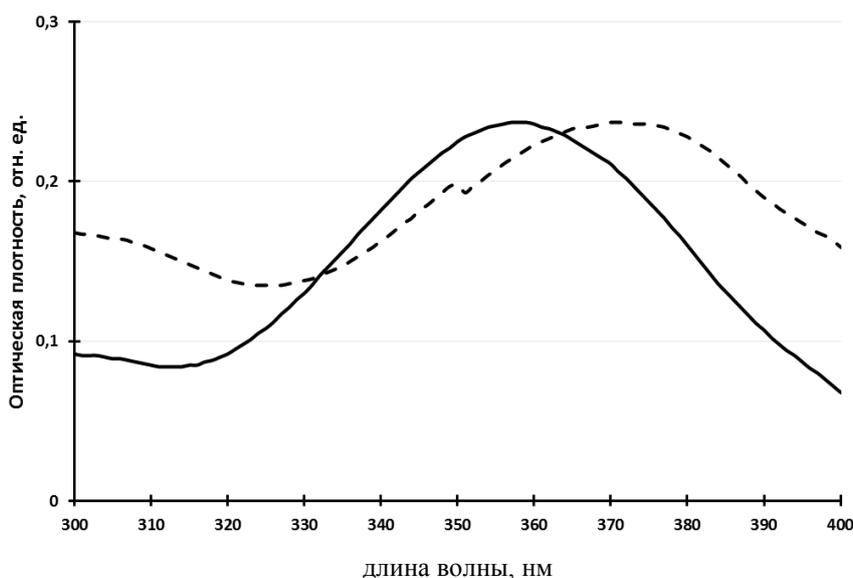


Рис. 3. Спектры поглощения лиганда **4** и его комплекса 1:3:2 (Eu:4:ТОФО)

В спектре тетракетона **3** определяется полоса поглощения на 303 нм и слабоинтенсивный максимум на  $407 \pm 2$  нм. После добавления 1 эквивалента  $\text{Eu}^{3+}$  формируется плечо на  $364 \pm 2$  нм и максимум  $414 \pm 2$  нм с плечом до 480 нм, а также фиксируется существенное повышение экстинкции, свидетельствующее о самоорганизации сложных комплексных структур. При добавлении 2-х эквивалентов  $\text{Eu}^{3+}$  интенсивности проявившихся полос поглощения еще более возрастают.

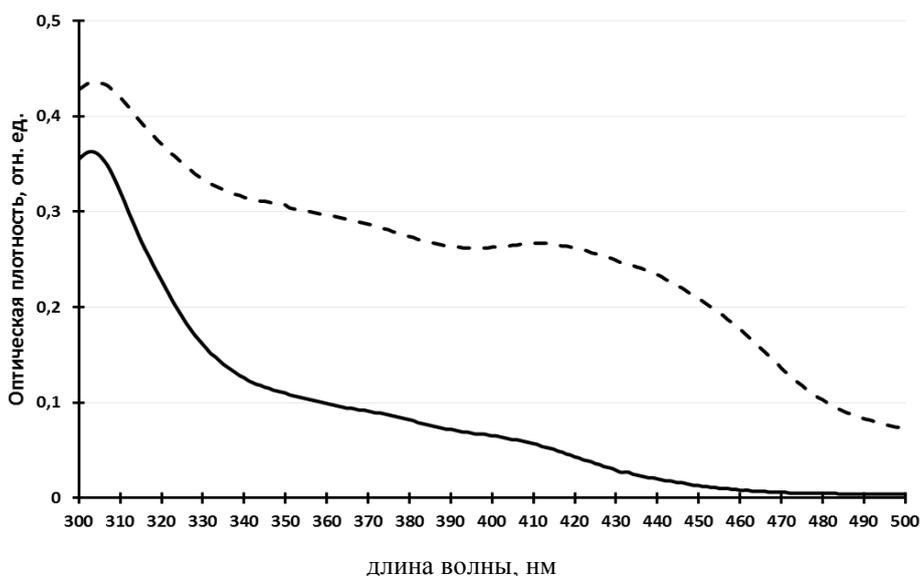


Рис. 4. Спектры поглощения лиганда **3** и его комплекса 1:3:2 (Eu:**3**:ТОФО)

В спектрах эмиссии комплексов **3** и **4** отмечается типичная картина: основной максимум при 614 (100%) и минорные максимумы на длинах волн 592 (5,0%), 653 (3,0%), 699, (7,0%) и 749 нм (< 1,0%). В целом люминесценция комплексов дикарбонильных соединений **3** и **4** в водных средах затухает в сравнении с **1**, и потенциальное применение **3** и **4** необходимо исследовать для методик иммуноанализа, связанных с биочипированием в «сухих» условиях.

#### Литература

1. Soini E., Hemmilä I. Fluoroimmunoassays: Present status and key problems // Clin Chem. 1979. V. 25. P. 353–61
2. Hemmilä I. Luminescent lanthanide chelates – a way to more sensitive diagnostic methods // J. Alloys Compd. 1995. 225. P. 480.
3. Pugachov D. E., Kostyukova T. S., Zatonsky G. V., Vatsadze S. Z., Vasil'ev N. V. Fluorinated tetraketone derivatives of N-substituted carbazoles and their Eu(III) complexes for fluorescence immunoassay // Chemistry of Heterocyclic Compounds. 2018. 54(5). С. 528.
4. Романов Д. В., Лямин А. И., Ивановская Н. П., Жедулов А. Е., Осин Н. С., Васильев Н. В. Комплексообразующие бензосодержащие гетероциклические соединения, содержащие β-дикарбонильный заместитель с фторированными радикалами / Патент РФ № 2373200 от 27.04.09г.
5. Кострюкова Т. С., Ивановская Н. П., Затонский Г. В., Осин Н. С., Васильев Н. В. Маркер для иммунофлуоресцентного анализа на основе комплексов европия с фторированным β-дикетоном ряда карбазола // Биоорг. Химия. М., 2015. Т. 41 (2). С. 212–217.

## ФЛУОРЕСЦИРУЮЩИЕ НАНОДИСПЕРСИИ ДЛЯ ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА БИОЗАГРЯЗНЕНИЙ

*А. С. Грищенко<sup>1</sup>, В. М. Ефанов<sup>1</sup>, О. Д. Логинова<sup>1</sup>, Н. Д. Свердлова<sup>1</sup>,  
Н. В. Васильев<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Московский государственный областной университет, kaf-obhim@mgou.ru*

<sup>2</sup> *ФГУП ГосНИИ Биологического приборостроения*

Методы иммунофлуоресцентного анализа (ИФА) получили широкое распространение в клинической медико-биологической практике, благодаря высокой чувствительности, специфичности и производительности. Особенно популярны высокотехнологичные протоколы массового анализа по технологиям лантанидного иммунофлуоресцентного анализа (ЛИФА), в котором применяется отсечка короткоживущей люминесценции. Применение этих технологий базируется, как правило, на реагентах, содержащих  $\beta$ -дикетонатные комплексы европия, тербия или иных лантанидов [1–3].

Повышенная чувствительность и специфичность методов ЛИФА позволяет исследовать «биологические загрязнения», в том числе в экологических целях, однако сравнительно высокая себестоимость современных реагентов препятствует внедрению этих методов в целях экологического мониторинга. Наиболее перспективными реагентами этого ряда, которые могут находить применение в экологическом анализе являются биочипы, сформированные на основе люминесцирующих наночастиц.

Множественная люминесценция допированных наночастиц существенно, на порядки, увеличивает интенсивность люминесценции анализируемых проб. Такие наночастицы уже давно производятся и представлены на рынке, однако их широкое применение лимитируется высокой стоимостью. Совершенствование методов получения люминесцирующих наночастиц, допированных  $\beta$ -дикетонатными комплексами европия, является актуальной задачей, решение которой позволит наладить импортозамещение реагентов и внедрить иммунофлуоресцентные методики в экологический анализ.

В настоящей работе обсуждаются методы получения люминесцирующих нанодисперсий на силикатной основе и на основе органического полимерного матрикса.

Для разработки наночастиц силикатного типа использовался аэрогенный материал Аэросил, который имеет высокую пористость и сорбционную способность. Удельная поверхность материалов этого ряда  $380 \text{ м}^2/\text{г}$  и более. Несмотря на малый размер первичных зёрен этого материала  $\approx 7 \text{ нм}$ , они агрегированы в микропараметровые частицы. В связи с этим, агрегаты и агломераты требуют дезагрегации, которую проводили в процессе их допирования комплексами европия III с фторсодержащими 1,3-дикетонами (рис. 1): нафтоилтрифторацетоном (**а**), известным реагентом иммунофлуоресцентного анализа [1]; бензофураноилтрифторацетоном (**б**), описанным в работе [4]. Решение задачи допирования аэросила в водной фазе достигалось введением

предварительно приготовленного комплекса в органическом растворителе, после чего дисперсии оценивали люминесцентно-спектральными методами и определяли размер наночастицы по спектрам рассеяния дисперсии.

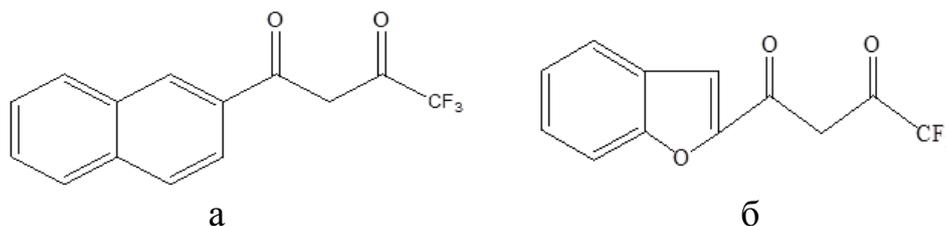


Рис. 1. Лиганды европия (а) – нафтоилтрифторацетон; (б) – бензофураноилтрифторацетон

Синтез и допирование органических нанодисперсий проводился «one pot» с применением известных методов эмульсионной полимеризации в системе стирол-дивинилбензол-метакриловая кислота – водный додецилсульфат натрия. Эмульсионная полимеризация и допирование образующихся частиц проводились под аргоном, с применением инициаторов радикальной полимеризации (азоизобутиронитрил, азоциклогексан).

Полученные нанодисперсии силикатного и органического типов агрегативно устойчивы и существенно отличаются по размерам, неорганические частицы образуются в размере  $200 \pm 20$  нм. Органические частицы, в зависимости от количества инициатора и поверхностно-активного вещества, могут варьировать в различном размере, в том числе менее 50 нм. Люминесцентные свойства изучались при возбуждении на длинах волн 340 и 355 нм, для комплексов а и б, соответственно. В спектре эмиссии (рис. 2) отмечается основной максимум при 614 нм (100%) и минорные максимумы на длинах волн 592 (5,0%), 653 (3,0%), 699, (7,0%) и 749 нм (< 1,0%).

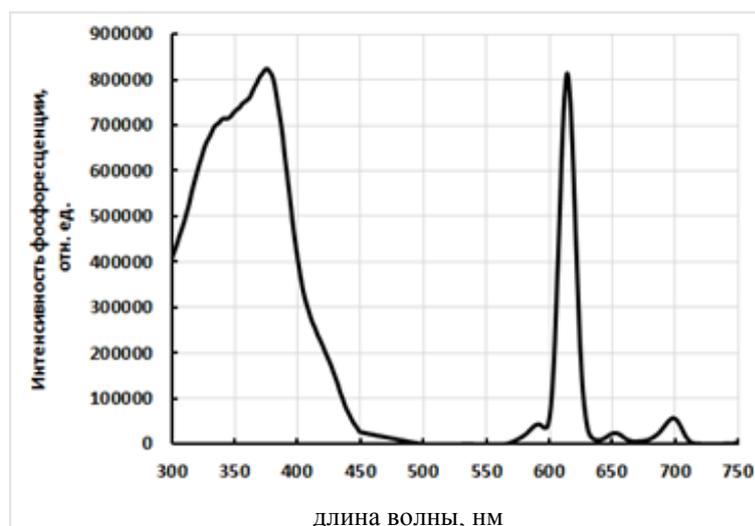


Рис. 2. Спектр возбуждения (слева) и эмиссии дисперсии (справа) фосфоресцентных наночастиц, допированных комплексом  $\text{Eu}^{3+}$  с лигандом б (концентрация  $\text{Eu}^{3+}$  в дисперсии  $1,6 \cdot 10^{-5}$  моль/л).

Сравнение спектрально-люминесцентных свойств полученных дисперсий силикатного и органического типов позволяет сделать заключение о существенной люминесценции обоих видов дисперсий, сравнимой или превосходящей по интенсивности люминесценцию комплексов, полученных в сравнимых условиях и концентрации. Изоляция комплексов от тушающего действия воды в условиях наночастиц в большей степени достигается при инкорпорировании комплексов в мицеллярных растворах.

#### Литература

1. Hemmilä I. Luminescent lanthanide chelates – a way to more sensitive diagnostic methods // J. Alloys Compd. 1995. 225. P. 480.
2. Бекман Н. И., Ларичева С. Ю., Помелова В. Г., Осин Н. С. Клиническая лабораторная диагностика. 2010. Т. 12. С. 33–35.
3. Pugachov D. E., Kostyukova T. S., Zatonsky G. V., Vatsadze S. Z., Vasil'ev N. V. Chemistry of Heterocyclic Compounds. 2018. 54(5). С. 528.
4. Романов Д. В., Лямин А. И., Ивановская Н. П., Жедулов А. Е., Осин Н. С., Васильев Н. В. Патент РФ № 2373200 от 27.04.09 г.

### ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА АНАЛИТИЧЕСКИЙ СИГНАЛ КОБАЛЬТА, ПОЛУЧАЕМЫЙ МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

*В. Н. Кулаков, А. И. Фокина*

*Вятский государственный университет, noijberr@yandex.ru*

Кобальт широко распространен как в составе материалов, применяемых в народном хозяйстве (сплавы металлов, лекарственные препараты и т. д.), так и в окружающей среде (почва, залежи руды и т. д.) [1]. В настоящее время для количественного определения кобальта используют такие методы, как спектрофотометрия, атомно-абсорбционная спектроскопия, инверсионная вольтамперометрия (ИВА) и некоторые другие [2–3]. Метод инверсионной вольтамперометрии является перспективным, благодаря своей экономичности и чувствительности. Методики определения кобальта методом ИВА существуют, однако зачастую операторы анализа испытывают трудности из-за отсутствия описания возможных причин отсутствия пика на вольтамперограмме в случаях, когда теоретически он должен быть. Данная ситуация относится и к работе с дисковым вращающимся электродом на анализаторе «Экотест-ВА» [4]. Поэтому целью работы стало уточнение особенностей проведения анализа.

Объекты исследования – растворы ионов  $\text{Co}^{2+}$  с точно известными концентрациями.

Предмет исследования – характер пика кобальта на вольтамперограмме и возможность использования площади пика для количественного определения ионов металла в растворе при различных условиях (рН, количество диметилглиоксима, способ анализа).

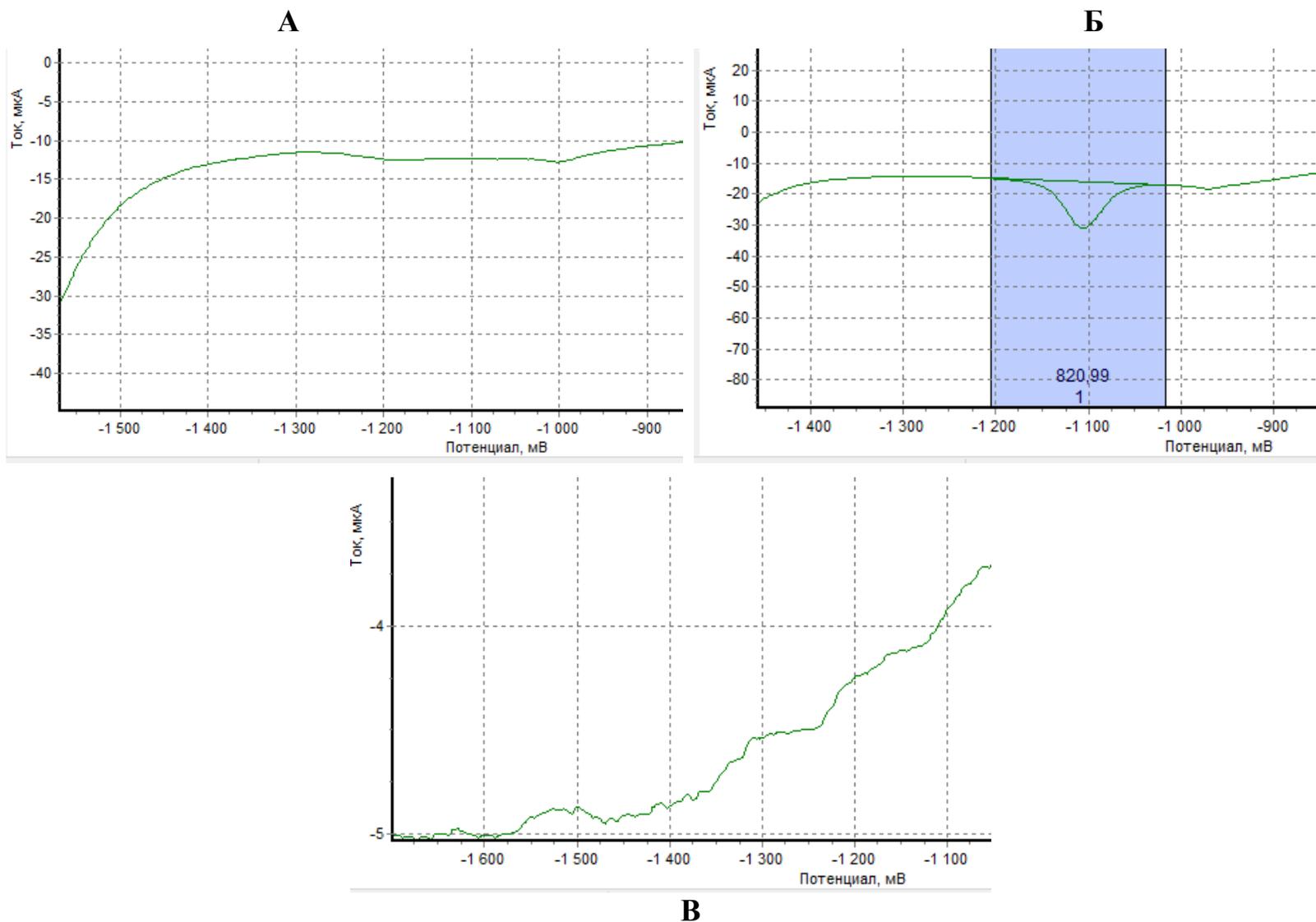
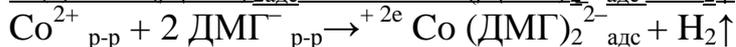
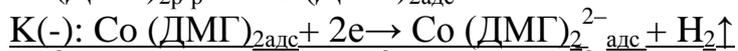
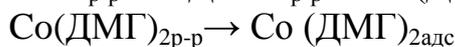
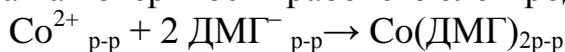


Рис. 1. Вид вольтамперограмм с концентрацией  $200 \text{ мкг/дм}^3 \text{ Co}^{2+}$  при различных рН растворов:  
 А – рН = 8; Б – рН = 9,5; В – рН = 10

Метод исследования – кобальт определяли методом ИВА с дисковым вращающимся электродом на анализаторе «Экотест-ВА». Появление аналитического сигнала в виде пиков на вольтамперограмме обусловлено адсорбционным концентрированием диметилглиоксиматных (ДМГ) комплексов кобальта на поверхности рабочего электрода:



Аналитическим сигналом является ток пика катодного восстановления адсорбированных комплексов. Согласно рекомендациям разработчиков, комплекс  $\text{Co}(\text{ДМГ})_{2\text{p-p}}$  образуется при pH среды  $9,4 \pm 0,1$ .

Для изучения влияния pH на характер пика кобальта использовали растворы со значениями pH равными 8; 9,5 и 11 (согласно рекомендации разработчиков методики к прибору –  $\text{pH} = 9,4 \pm 0,1$ ). Время накопления составляло 60 секунд.

Для изучения влияния дозы ДМГ использованы растворы:

– раствор с концентрацией ДМГ равной  $0,0024 \text{ мкг/дм}^3$  в ячейке на  $25 \text{ см}^3$  (рекомендовано методикой к прибору);

– раствор с концентрацией ДМГ равной  $0,0048 \text{ мкг/дм}^3$  в ячейке на  $25 \text{ см}^3$ .

Определение кобальта испытано методами добавок и градуированного графика.

*Влияние pH на определение кобальта в растворе.* При  $\text{pH} = 8$  пик кобальта отсутствует (рис. 1А), что может быть объяснено неподходящей для образования комплекса кислотностью раствора. При  $\text{pH} = 10$  наблюдали не только отсутствие пика, но и искажение графика в целом (рис. 1В) из-за конкурирующего действия аммиака с ДМГ в реакции образования  $\text{Co}(\text{ДМГ})_2$ , а также образованием гидроксокомплексов кобальта в области  $\text{pH} > 9,5$ . Только при  $\text{pH}$  равном 9,5 удалось зафиксировать пик правильной формы (рис. 1Б).

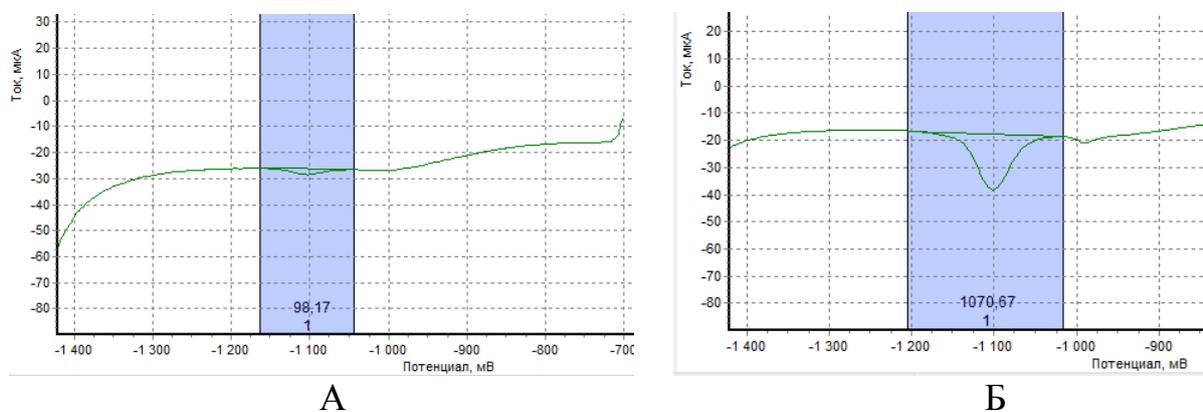


Рис. 2. Вид вольтамперограмм кобальта с различной концентрацией ДМГ в ячейке: А –  $0,0024 \text{ мкг/дм}^3$ ; Б –  $0,0048 \text{ мкг/дм}^3$

*Влияние концентрации диметилглиоксима в растворе на характер пика кобальта и результат анализа.* В присутствии ДМГ в растворе с концентрацией равной 0,0024 мкг/дм<sup>3</sup> получились заниженные результаты (рис. 2А). В присутствии ДМГ с концентрацией 0,0048 мкг/дм<sup>3</sup> в ячейке позволило правильно определить концентрацию ионов кобальта в растворе (рис. 2Б)

*Влияние способа определения концентрации (добавок, градуировочного графика).* Метод добавок позволяет точно определить концентрацию кобальта в диапазоне от 40 до 400 мкг/дм<sup>3</sup> при внесении добавки кобальта с концентрацией 160 мкг/дм<sup>3</sup>. При увеличении концентрации кобальта в исходном растворе происходит завышение полученных данных. Так, при введении 450 мкг/дм<sup>3</sup> кобальта, определено 600±5 мкг/дм<sup>3</sup>. Метод градуировочного графика позволяет определить количество кобальта в диапазоне от 40 до 560 мкг/дм<sup>3</sup>. Уравнение зависимости площади пика на вольтамперограмме от концентрации аналита при этом будет выглядеть так:  $y = 2,8074x - 28,865$  с коэффициентом аппроксимации  $R^2 = 0,96$ . Метод имеет преимущество при определении концентрации кобальта свыше 400 мкг/дм<sup>3</sup>.

#### Литература

1. Казаков Б. И. Кобальт и живая природа // Популярная библиотека химических элементов. Книга первая. Водород – палладий. 1983 г. С. 347–364.
2. ГОСТ 13047.3-2002 Никель. Кобальт. Методы определения кобальта.
3. Инжеватова О. В. Адсорбционная инверсионная вольтамперометрия кобальта и железа в анализе природных вод: Дис. ... канд. хим. наук. Екатеринбург, 2007. 124 с.
4. Сборник методик измерений концентрации ионов меди, кадмия, цинка, висмута, марганца и никеля методом вольтамперометрии на вольтамперометрическом анализаторе «Экотест-ВА». М.: ООО «Эконикс-Эксперт», 2004. 61 с.

### ОПТИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ pH ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ РАСТВОРОВ ТЕТРАЗОЛЬНО-ТОПОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*Е. В. Веселова, А. И. Фокина*

*Вятский государственный университет,  
veselova.katya01@mail.ru, anuushka-fokina@mail.ru*

Для проведения экологического мониторинга разрабатывают все больше простых и быстрых способов определения токсичности сред. В частности, развивается направление использования микрокристаллоскопических реакций, протекающих в микроорганизмах, аналитический эффект которых зависит от токсического действия окружающей среды на микроорганизмы. Одной из таких реакций является реакция образования кристаллов формазана (ТФФ) красного цвета в результате действия клеточной дегидрогеназы на 2,3,5-трифенилтеразолия хлорид (ТТХ). Методика определения жизнеспособности, в основе которой лежит образование ТФФ, была адаптирована для определения токсичности различных сред с использованием почвенных цианобакте-

рий (ЦБ) [1]. При всех равных условиях, дегидрогеназная активность ЦБ – более чувствительная тест-функция, чем некоторые тест-функции, положенные в основу таких аттестованных тест-методов, как установление токсичности с помощью тест-системы «Эколюм», реакции ракообразных *Daphnia magna* [2]. Однако не установлено влияние кислотности исследуемого раствора на аналитический сигнал. Поэтому целью работы было установить оптимальные значения рН для определения токсичности растворов, содержащих сульфат меди(II) и гербицид на основе флорасулама, тетразолюно-топографическим методом с использованием почвенной цианобактерии *Nostoc paludosum* 18.

Выбор сульфата меди(II) обусловлен тем, что соединения меди широко используются, поэтому велика вероятность поступления их в живые организмы. Медь – окислительно-восстановительно активный переходный металл, который может быть одновременно необходимым и, в зависимости от условий, токсичным для живых организмов. Флорасулам относится к гербицидам системного действия, применение которого создает опасность загрязнения объектов окружающей среды, а данные об определении токсичности сред, загрязненных флорасуламом, не многочисленны.

Объектами исследования были индивидуальные растворы сульфата меди(II) и флорасулама, а также растворы смеси веществ с концентрацией ионов меди(II), равной 1 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК в воде [3]), флорасулама – 0,01 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК в воде [4]). Готовили растворы с указанными концентрациями веществ с различными значениями в них рН (кислотность устанавливали с помощью лимонной кислоты и гидроксида натрия). Интервал значений рН составил от 2 до 9 единиц. Кислотность в растворах контролировали с помощью рН-метра.

Титр культуры ЦБ, необходимый для адекватной диагностики токсичности растворов флорасулама, не известен, поэтому ЦБ *N. paludosum* вносили в раствор флорасулама с концентрацией, равной 0,01 мг/дм<sup>3</sup>, создавая титр культуры 10<sup>6</sup>, 10<sup>7</sup>, 10<sup>8</sup> кл/см<sup>3</sup>. Экспозиция составила 20 часов. Затем культуру отделяли от раствора центрифугированием и заливали на 3 часа 0,1%-ным раствором ТТХ. Далее методом прямого счета под микроскопом определяли долю клеток с кристаллами ТФФ. За оптимальный для определения токсичности раствора принимали титр, при котором доля клеток с ТФФ менее 50% от контроля (результат можно интерпретировать как токсичность), при этом количество микроорганизмов в суспензии достаточно для проведения операции центрифугирования с последующим разделением культуры и центрифугата без видимых потерь культуры. После того, как был установлен оптимальный для работы титр культуры, приступили к основному этапу работы – нахождение оптимальных значений рН для определения токсичности растворов, содержащих сульфат меди(II) и гербицид на основе флорасулама, тетразолюно-топографическим методом с использованием почвенной цианобактерии *Nostoc paludosum* 18. Для этого культуру ЦБ вносили в растворы (титр микроорганизмов в растворах составил 10<sup>7</sup> кл/см<sup>3</sup>):

- соли меди с концентрацией  $\text{Cu}^{2+}$ , равной  $1 \text{ мг/дм}^3$  и рН, равными 2–9;
- флорасулама с концентрацией  $0,01 \text{ мг/дм}^3$  и рН, равными 2–9;
- смеси соли меди(II) и флорасулама с такими же концентрациями и рН, как в монорастворах;
- растворы с рН от 2 до 9 без токсикантов;
- соли меди с концентрацией  $\text{Cu}^{2+}$   $1 \text{ мг/дм}^3$  и GSH (мольное соотношение  $\text{Cu}^{2+}:\text{GSH}$  равно 1:4).

Через 20 часов экспозиции культуры с растворами токсикантов, микроорганизмы отделяли центрифугированием и заливали 0,1%-ным раствором ТТХ. Через 3 часа определяли долю клеток с кристаллами ТФФ.

Для описания степени токсичности исследуемых растворов вычисляли отклонение (%) от контроля величин долей клеток культуры ЦБ, проконтактировавших с растворами токсикантов в течение 20 часов, в которых образовались кристаллы формазана (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние состава раствора на долю клеток цианобактерии с кристаллами формазана (отклонение от контроля, %) (n = 3, P = 0,95)**

Вариант (согласно рН)	Без добавления токсикантов	рН+ $\text{Cu}^{2+}$	рН+Флорасулам	рН+ $\text{Cu}^{2+}$ +флорасулам	$\text{Cu}^{2+}:\text{GSH}$ 1:4
2	100	100	100	100	96
3	100	100	66	97	96
4	2	47	58	74	38
5	-1	40	56	78	34
6	4	44	56	67	36
7	1	49	60	77	34
8	3	37	54	74	29
9	-2	40	67	76	28

Растворы с флорасуламом являются токсичными для ЦБ. Еще более токсичными являются растворы в вариантах с ионами  $\text{Cu}^{2+}$  и флорасуламом одновременно. В растворах, где внесены только ионы меди(II), токсичный уровень диагностирован в вариантах с рН, равными 2 и 3. Добавление глутатиона в медьсодержащие растворы значительно ослабляют токсический эффект, создаваемый ионами металла, однако в вариантах с рН = 2–3 растворы все равно остаются токсичными.

Кроме исследования методом прямого микроскопирования, было проведено количественное определение ТФФ методом спектрофотометрии. Для этого клетки ЦБ предварительно разрушали ледяной уксусной кислотой, а ТФФ экстрагировали ацетоном. Полученные растворы фотометрировали при длине волны 490 нм.

Количественное определение ТФФ позволило установить, что при рН, равных 2 и 3, количество образовавшегося формазана было минимальным (табл. 2), что подтверждают данные, полученные методом прямого счета. В вариантах с рН растворов, равным 4, 7, 8 и 9, без добавления токсикантов ко-

личества формазана превысили значения количеств в контрольных вариантах. При рН 4–9 в растворах с ионами меди(II) и в растворах флорасулама с ионами меди(II) наблюдается снижение количеств формазана по сравнению с контролем. Однако, величины количеств ТФФ колеблются, и не удается установить интервала рН, оптимального для диагностики токсичности. В растворах флорасулама с рН от 4 до 9 отклонение от контроля было незначительно, поэтому определение токсичности методом спектрофотометрии не дает данных, интерпретируемых как токсичность. Причина появления относительно больших количеств формазана в вариантах и отсутствие оптимальных интервалов рН для диагностики токсичности пока устанавливаются.

Таблица 2

**Отклонение от контроля массы формазана, содержащегося в клетках ЦБ, %**

Вариант (согласно рН)	Без добавления токсикантов	рН+Cu <sup>2+</sup>	рН+флорасулам	рН + флорасулам + Cu <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup> :GSH 1:4
2	84	84	59	52	26
3	85	84	65	70	31
4	-29	62	-3	22	-230
5	-6	45	9	44	-89
6	2	39	-6	50	-38
7	31	49	14	51	-14
8	-25	14	0	62	8
9	-17	40	16	55	67

В растворах при рН, равных 2 и 3, клетки ЦБ погибали во всех случаях. При этом окраска суспензии становилась коричневой уже в течение первого часа экспозиции культуры ЦБ с раствором. Появление коричневой окраски свидетельствует об образовании феофитина из хлорофилла. Был проведен анализ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, который показал, что в исследуемых растворах присутствует феофетин. Губительное влияние низких значений рН сказывается не только на протекании процесса феофетинизации, но и на работе клеточных дегидрогеназ, активность которых подавляется настолько, что при микроскопировании практически не удается обнаружить клеток с кристаллами ТФФ во всех вариантах с рН, равными 2 и 3 (кроме рН = 3 + флорасулам) (табл. 1).

Таким образом, аналитический сигнал достоверно не меняется при значениях рН в интервале от 4 до 9. Процент погибших клеток больше в монорастворе флорасулама, чем в монорастворе сульфата меди(II). Совместное присутствие в растворе соли меди(II) и флорасулама вызывает токсический эффект, превышающий по силе эффекты в монорастворах (табл. 1). На основании полученных данных рекомендуем определять токсичность растворов тетразолюно-топографическим методом при значениях рН от 4 до 9.

**Литература**

1. Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразолюно-топографического метода определения

дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 2. С. 23–28.

2. Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сыктывкар, 2011. С. 110–120.

3. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

4. ГН 1.2.3111-13 Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень).

**ВЛИЯНИЕ ГИДРОФОБНОЙ ДОБАВКИ  
ИЗОБУТИЛТРИЭТОКСИСИЛАНА НА АКТИВНОСТЬ  
МЕТИЛОТРОФНЫХ ДРОЖЖЕЙ  
*OGATAEA POLYMORPHA* ВКМ У-2559,  
ИММОБИЛИЗОВАННЫХ В ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МАТРИЦУ**

*П. В. Рыбочкин, Е. А. Ланцова, О. Н. Пономарева*  
*ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,*  
*rybochkin.pavel.vl@mail.ru*

Одной из основных задач экологического мониторинга является разработка методик и средств анализа состояния окружающей среды (ОС). Необходимо, чтобы получение результата диагностики экологической обстановки занимало как можно короткий срок, а сами данные отображали действительное состояние анализируемого объекта. Для обеспечения необходимой селективности и экспрессности анализа используют различные биологические природные объекты (ферменты, рецепторы, целые клетки, ткани), которые способны вступать в биохимическое взаимодействие с анализируемым компонентом [1–4].

Использование биообъектов сопряжено с проблемой зависимости каталитической активности биологического материала от факторов окружающей среды, таких как температура, присутствие солей тяжелых металлов, жесткости ультрафиолетового излучения и других параметров, которые могут воздействовать на результаты анализа. Кроме того, параметры различных природных объектов находятся не в стационарном состоянии, а динамически изменяются, что, с одной стороны, создает трудности для контроля ОС, а, с другой, резкие изменения в температуре или химическом составе может привести к угнетению активности биологических агентов, используемых для анализа. Необходимо создание систем с биологическими объектами, способными вступать во взаимодействие с анализируемым компонентом и, при этом, обладать защитой от угнетающего воздействия факторов, величины которых выходят за диапазон оптимальных для данного биоматериала.

В настоящее время проводятся исследовательские работы по инкапсулированию целых клеток микроорганизмов в кремнийорганические золь-гель

матрицы [5–7]. Полученный таким образом материал представляет собой клетки окруженные со всех сторон силикатной оболочкой.

Наш научный коллектив изучает гетерогенные биокатализаторы, на основе клеток метилотрофных дрожжей *Ogataea polymorpha* ВКМ У-2559, инкапсулированных в кремнийорганический золь-гель [8]. Имобилизованные дрожжи сохраняют свою способность окислять метанол несмотря на УФ-излучение, присутствие ионов тяжелых металлов и изменение рН ОС [9].

Для синтеза золь-гель матрицы используют эфиры кремниевых кислот, алкоксисиланы. В процессе синтеза прекурсоры претерпевают гидролиз и конденсируются в единую цепь. В качестве основы часто применяют тетраметоксисилан или тетраэтоксисилан (ТЭОС) [10]. Было отмечено, что при использовании в синтезе вместе с алкоксисиланами веществ, содержащих в своей структуре алкильный заместитель (то есть алкилалкоксисиланов), происходит повышение характеристик гетерогенных биокатализаторов, что возможно связано с повышением гидрофобности неорганической части, за счет увеличения количества алкильных групп на поверхности материала [11, 12]. По этой причине также алкилалкоксисиланы называют гидрофобной добавкой. Алкильный заместитель не подвержен гидролизу, поэтому при использовании алкилалкоксисиланов уменьшается количество связей, по которым проходит связывание молекул прекурсора между собой, что, в свою очередь, приводит к увеличению гибкости образующейся структуры. Гибкая структура обеспечивает захват большего числа клеток и снижает механическое давление на иммобилизуемые клетки. Чаще всего в качестве алкилалкоксисилана используют метилтриэтоксисилан (МТЭС). В то же время, использование только гидрофобной добавки в синтезе силикагеля является менее эффективным, чем при использовании в синтезе и ТЭОС, и гидрофобной добавки [13]. Поэтому одной из задач исследования является поиск оптимального соотношения силановых прекурсоров, что обеспечит эффективную иммобилизацию клеток и положительно скажется на характеристиках получаемых гетерогенных биокатализаторов.

Возможно, увеличение гидрофобности поверхности позволит создать более комфортные условия для клеток, что благоприятно скажется на получаемых гетерогенных биокатализаторов. Поэтому было предложено использовать в качестве гидрофобной добавки вещества с алкильным заместителем с более гидрофобным алкильным заместителем изобутилтриэтоксисилан (ИБТЭС).

Чтобы изучить каталитическую активность, метилотрофные дрожжи *Og. polymorpha*, инкапсулированные в кремнийорганический золь-гель, использовали в качестве биорецепторного элемента биосенсора. За ответ биосенсора принимали скорость окисления субстрата (метанола). Полученные результаты обсчитывали и находили параметры биосенсоров.

В работе было получено 11 образцов с следующими содержаниями силановых прекурсоров (рис. 1).

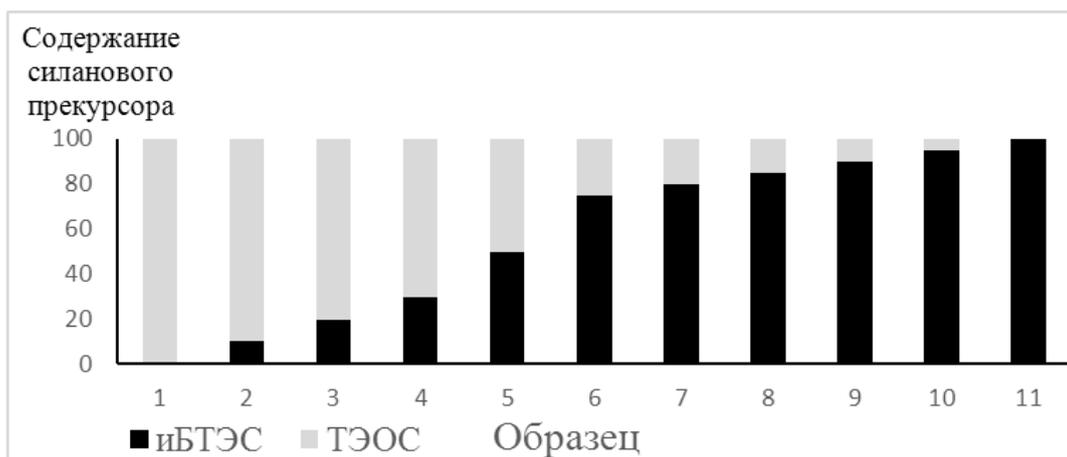


Рис. 1. Образцы, полученные в работе

На рисунке 2 отображены значения нижних границ определяемых содержаний и коэффициентов чувствительности полученных биорецепторных элементов.

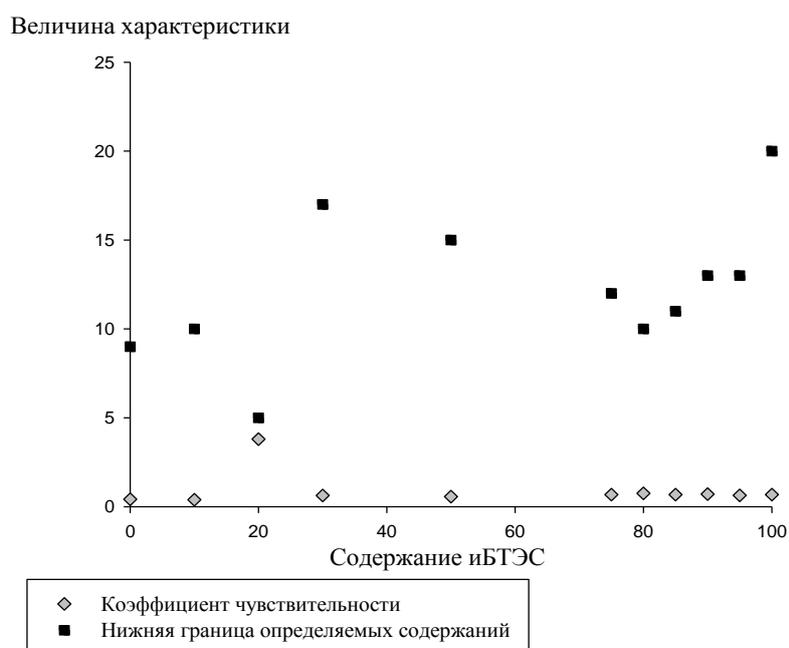


Рис. 2. Полученные характеристики биорецепторных элементов

Кремнийорганический золь-гель, полученный с использованием соотношения 20 объемных % иБТЭС и 80 об. % ТЭОС, является наиболее чувствительным среди представленных образцов, так как обладает самой низкой границей определяемых содержаний и пределом обнаружения. Возможно, это связано с тем, что при увеличении содержания иБТЭС растет гидрофобность материала, что препятствует проникновению субстрата к клеткам. Также есть вероятность, что при использовании гидрофобной добавки с разветвленным алкильным заместителем происходит неэффективный захват клеток.

Полученные гетерогенные биокатализаторы можно использовать для очистки метанола из водных среды и количественного определения содержания низших спиртов.

### Литература

1. Gavlasova P., Kuncova G., Kochankova, Macova M. Whole cell biosensor for polychlorinated biphenyl analysis based on optical detection // *Int. Biodeterior. Biodegradation*. 2008. Vol. 62. № 3. P. 304–312.
2. Kamanin S. S. Arlyapov V. A., Machulin A. V., Alferov V. A., Reshetilov A. N.. Biosensors based on modified screen-printed enzyme electrodes for monitoring of fermentation processes // *Russ. J. Appl. Chem*. 2015. Vol. 88. № 3.
3. Depagne C., Roux C., Coradin T. How to design cell-based biosensors using the sol-gel process // *Anal. Bioanal. Chem*. 2011. Vol. 400, № 4. P. 965–976.
4. Mehrotra P. Biosensors and their applications – A review // *J. Oral Biol. Craniofacial Res. Craniofacial Research Foundation*, 2016. Vol. 6. № 2. P. 153–159.
5. Wang S., Guo Z. Bio-inspired encapsulation and functionalization of living cells with artificial shells // *Colloids Surfaces B Biointerfaces*. Elsevier B.V., 2014. Vol. 113. P. 483–500.
6. Spedalieri C., Sicard, C., Perullini M., Brayner R., Coradin T., Livage J., Bilmes S. A., Jobbágy M. Silica@proton-alginate microreactors: a versatile platform for cell encapsulation // *J. Mater. Chem. B*. 2015. Vol. 3. № 16.
7. Sakai-Kato K., Ishikura K. Integration of biomolecules into analytical systems by means of silica sol-gel technology. // *Anal. Sci*. 2009.
8. Kamanina, O. A., Fedoseeva D. G., Rogova T. V., Ponamoreva O. N., Blokhin I. V., Machulin A. V., Alferov V. A. Synthesis of organosilicon sol-gel matrices and preparation of heterogeneous biocatalysts based on them // *Russ. J. Appl. Chem*. 2014. Vol. 87, № 6. P. 761–766.
9. Ponamoreva, O. N., Kamanina O. A., Alferov V. A., Machulin A. V., Rogova T. V., Arlyapov V. A., Alferov S. V., Suzina N. E., Ivanova, E. P. Yeast-based self-organized hybrid bio-silica sol-gels for the design of biosensors // *Biosens. Bioelectron*. Elsevier. 2015. Vol. 67. P. 321–326.
10. Bochkareva S.S. Synthesis of Hybrid Composites By Sol-Gel Method // *Proc. Univ. Appl. Chem. Biotechnol*. 2016. Vol. 6. № 3. P. 81–93.
11. Lin Y. F., Kuo J. W. Mesoporous bis(trimethoxysilyl)hexane (BTMSH)/tetraethyl orthosilicate (TEOS)-based hybrid silica aerogel membranes for CO<sub>2</sub> capture // *Chem. Eng. J.* Elsevier B.V. 2016. Vol. 300. P. 29–35.
12. Vollet D. R. et al. Structural characteristics of silica sonogels prepared with different proportions of TEOS and TMOS // *J. Non. Cryst. Solids*. 2008. Vol. 354, № 14. P. 1467–1474.
13. Kamanina O. A., Lavrova D. G., Arlyapov V. A., Alferov V. A., Ponamoreva O. N. Silica sol-gel encapsulated methylotrophic yeast as filling of biofilters for the removal of methanol from industrial wastewater // *Enzyme Microb. Technol.* Elsevier Inc. 2016. Vol. 92. P. 94–98.

## ОЦЕНКА АКТИВИРОВАННОЙ ФОСФОРИТНОЙ МУКИ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

*М. В. Мартынов, А. В. Малышева, И. А. Потапова, Н. В. Сырчина*  
*Вятский государственный университет, mikhailmartynov98@gmail.com*

Фосфоритная мука (ФМ) является натуральным фосфорным удобрением, получаемым методом размола природных фосфоритов. Фосфориты представляют собой осадочные горные породы, содержащие фосфатные минералы

группы апатита и широкий спектр нефосфатных минералов (кварц, доломит, кальцит, глауконит, халцедон, алюмосиликаты, минеральные формы железа, органические вещества и др.) [1]. Состав осадочных фосфоритов различных месторождений весьма изменчив, что оказывает непосредственное влияние на агрохимическую ценность ФМ. Возможность использования природных фосфоритов в качестве удобрений определяется наличием в них трикальцийфосфата  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , входящего в состав минералов апатитовой группы общей формулы  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaX}_2$ , (где X – F, Cl или OH) и нефосфатных примесей (известковых компонентов, глауконита, полуторных оксидов и др.), оказывающих влияние на агрохимические характеристики и безопасность удобрения. Например, известковые компоненты, входящие в состав ФМ выполняют функцию регуляторов кислотности, источников кальция, оказывают положительное влияние на азотистый и фосфатный режим почв [2]; глауконит служит источником калия, активно связывает тяжелые металлы, улучшает структуру почв [3]; полуторные оксиды (соединения  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Al}^{3+}$ ) приводят к иммобилизации фосфора за счет образования трудно растворимых фосфатов [4] и существенно снижают качество ФМ.

Серьезным недостатком ФМ как удобрения является низкая растворимость. Для повышения растворимости природных фосфатов применяются различные методы активации, например сухая или мокрая механоактивация, механохимическая, химическая и микробиологическая активация [5, 6]. Выбор способа активации во многом определяется особенностями ФМ, в том числе содержащимися в ней примесями. В отличие от механических и микробиологических способов активации, химическая активация приводит к существенному изменению химического состава (модификации) исходного сырья. В результате химической модификации изменяются и агрохимические характеристики удобрения. В связи с этим, большое значение приобретает не только оценка растворимости химически модифицированной фосфоритной муки в почвах, но и оценка влияния соответствующих форм удобрений на почвы и растительные объекты. Для выполнения соответствующей оценки может быть использован метод фитотестирования, широко используемый для оценки качества почв [7].

Цель работы состояла в оценке влияния химически активированной ФМ различных месторождений на растительные объекты.

Для выполнения исследований использовалась ФМ Вятско-Камского месторождения (Россия, ОАО «Верхнекамский фосфоритный рудник») и месторождения Кнейфис (Сирия). В таблице представлены данные о содержании  $\text{P}_2\text{O}_5$  и агрохимически значимых балластных веществ в образцах используемой для выполнения исследований ФМ.

Из приведенных в таблице данных видно, что по общему содержанию  $\text{P}_2\text{O}_5$  и содержанию балластных веществ оба вида ФМ существенно отличаются друг от друга. В Верхнекамской ФМ содержание агрохимически ценных компонентов ( $\text{P}_2\text{O}_5$  и CaO) ниже, а вредных полуторных оксидов значительно

выше, чем в ФМ месторождения Кнейфис. В качестве преимуществ Вехнекамской ФМ можно отметить более тонкий помол и наличие глауконита.

Таблица

**Химический состав фосфоритной муки, используемой  
для выполнения исследований**

Показатель	Месторождение	
	Вятско-Камское	Кнейфис
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (общее содержание), масс. % не менее	18,0–19,0	30,0–30,5
CaO, масс. %	35,0–37,8	48,0–52,0
SiO <sub>2</sub> , масс. %	15,6–18,0	4,0–8,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , масс. %	8,5–9,0	0,4–1,1
Глауконит, масс. %	~5	0
Другие, масс. %	не более 18	не более 18

Для химической активации в фосфоритную муку различных месторождений добавлялась суспензия, получаемая методом кавитационной обработки серы молотой для сельского хозяйства (ГОСТ 127.5-93) и торфа высокой степени разложения. Содержание серы в суспензии составляло 20%, содержание торфяных компонентов – 20% (остальное – вода). За счет кавитационной обработки в суспензии накапливались гумусовые кислоты (преимущественно фульфоукислоты), содержание которых в готовом продукте достигало 10 г/дм<sup>3</sup>.

Механизм химической активации ФМ можно представить следующим образом:

1) под воздействием гумусовых кислот катионы металлов (Fe<sup>3+</sup> и Al<sup>3+</sup>), образующие трудно растворимые фосфаты, связываются в прочные хелатные комплексы, в результате малорастворимые фосфаты переходят в более доступную для растений форму (преимущественно фосфаты кальция).

2) в аэробных условиях под действием почвенной микрофлоры сера постепенно окисляется до серной кислоты, которая реагирует с малорастворимыми средними фосфатами кальция с образованием растворимых гидрофосфатов:



Соответствующий процесс аналогичен промышленному процессу получения простого суперфосфата, однако взаимодействие ФМ с серной кислотой протекает непосредственно в почве, что минимизирует негативное воздействие на окружающую среду, исключает образование отходов и существенно снижает себестоимость удобрения.

Включение серо-торфяной суспензии в состав ФМ позволяет не только повысить биодоступность фосфора, но и исключает эффект снижения pH почвенного раствора под влиянием продуктов окисления серы. Нейтрализация серной кислоты будет обеспечиваться известковыми компонентами фосфоритной муки:



Сульфаты, образующиеся в результате аэробного окисления серы, будут восполнять дефицит соответствующего элемента в почвенных системах.

Таким образом, за счет включения в состав фосфоритной муки серо-торфяной суспензии удается не только повысить биодоступность фосфора, но и обогатить удобрение необходимыми для нормального развития растений сульфатами и биологически активными фульвокислотами.

Оценка воздействия активированной ФМ на растительные объекты выполнялось в лабораторных условиях методом проростков. В качестве тест-культур использовались ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare*) сорт «Родник Прикамья» и горчица белая (*Sinapis alba*) сорт «Люция». Всхожесть семян, применяемых для фитотестирования, определялась согласно ГОСТ 12038-84 и составляла не менее 98%. В качестве грунта для проведения эксперимента применялся прокаленный карьерный песок, в который вносились добавки (в соответствии с вариантами эксперимента). Подготовленный грунт увлажнялся деионизованной водой до влажности 60% от полной влагоемкости. Проращивание семян тест-культур проводилось в пластиковых контейнерах на свету при температуре  $22 \pm 2$  °С.

Масса грунта в каждом контейнере составляла 400 г. Семена погружались в грунт на глубину 4–5 мм. По мере подсыхания грунта в контейнеры добавлялась деионизованная вода. Эксперимент выполнялся в трех повторностях. Полученные результаты статистически обрабатывались в программе «Microsoft Excel» по общепринятым методикам.

Для оценки воздействия активированной ФМ на прорастание семян были приготовлены 2 варианта удобрений: 1) ФМ (разных месторождений) +15% суспензии; 2) ФМ (разных месторождений) +25% суспензии. Приготовленные удобрения вносились в песчаный грунт в дозировках 20 и 200 мг на 1 кг грунта. В качестве контроля использовались 3 варианта грунта:

- 1) песчаный грунт без добавок;
- 2) грунт с добавкой суспензии;
- 3) грунт с добавкой фосфоритной муки (разных месторождений).

Таким образом, воздействие активированной ФМ на растительные объекты сравнивалось с одной стороны с воздействием ФМ без добавок, а с другой – с воздействием серо-торфяной суспензии (без ФМ).

Содержание суспензии и ФМ в контрольных образцах грунта соответствовало содержанию этих компонентов в грунте с добавкой активированной ФМ.

Воздействие активированной ФМ на прорастание семян оценивалось по совокупности показателей (всхожесть, энергия прорастания, дружность прорастания, средняя длина стеблей, средняя масса проростков).

В результате исследований установлено, что во всех вариантах грунта с добавками серо-торфяной суспензии, ФМ или активированной ФМ прорастание семян тест-культур шло лучше, чем в грунте (песке) без добавок. Добавки сирийской и верхнекамской ФМ (в дозировках 20 и 200 мг на 1 кг песчаного грунта) приводили практически к одинаковым результатам, т. е. достоверных

отличий между ФМ различных месторождений (по воздействию на прорастание семян) методом биотестирования выявлено не было. Внесение высоких доз серо-торфяной суспензии в песчаный грунт (40 мг/кг) приводило к незначительному снижению рН (на 0,1 единицы за 10 дней) по сравнению с грунтом без добавок. Внесение ФМ (200 мг/кг) приводило к повышению рН на 0,2–0,3 единицы. Внесение композиции ФМ+суспензия не оказывало влияния на рН грунта, т.е. известковые компоненты ФМ способствовали нейтрализации продуктов окисления серы.

По совокупности показателей наилучшие результаты биотестирования были получены для грунта с добавкой 20 мг/кг активированной ФМ, содержащей 15 % серо-торфяной суспензии. Достоверных отличий между активированной ФМ различных месторождений методом проростков выявлено не было.

Выполненные исследования показывают, что включение серо-торфяной суспензии в состав фосфоритной муки разных месторождений оказывает положительное влияние на прорастание семян и развитие проростков тест-культур. Исследования в направлении химической активации ФМ за счет включения в ее состав серо-торфяной суспензии могут иметь большое практическое значение. К достоинствам соответствующего удобрения следует отнести относительно низкую стоимость, экологическую безопасность и простоту технологического процесса, отсутствие отходов, возможность организации производства на небольших предприятиях местного значения.

#### Литература

1. Курбонов Ш. А., Ходжахон М. И., Кабгов Х., Мухидинов З. К., Абулхаев В. Д., Самихов Ш. Р., Рахими Ф. Минералогический состав фосфоритных руд месторождений Риват и Каратаг // ДАН РТ. 2017. № 7–8. С. 349–355.
2. Шильников И. А., Аканова Н. И. Значение известкования и потребность в известковых удобрениях // Агрехимический вестник. 2008. № 6. С. 28–31.
3. Terentyev Yu. N., Syrchina N. V., Bogatyryova N. N., Ashikhmina T. Ya., Sazanov A. V., Sazanova M. L., Pugach V. N., Kozvonin V. A., Burkov A. A. // The use of glauconite for stabilization and improvement of ammonium nitrate agrochemical properties // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 4. С. 61–67.
4. Можейко Ф. Ф., Гончарик И. И., Готто З. А., Поткина Т. Н., Шевчук В. В. Фосфоритная мука: способы ее получения и применение // Труды БГТУ. №3. Химия и технология неорганических веществ. 2014. № 3 (167). С. 84–88.
5. Минаковский А. Ф., Шатило В. И., Ларионова О. И., Дормешкин О. Б., Стоянова Л. Ф., Ахтямова С. С. Изучение бескислотного метода переработки фосфорита Вятско-Камского месторождения в комплексные удобрения // Вестник Казанского технологического университета. 2016. № 8. С. 43–49.
6. Терехова В. А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. 2011. № 2. С. 190–198.
7. Усманов С., Тойпасова У. М., Омарова Г. Т., Козыбакова Э. Б., Байбацаева Ш., Ашимханова З. С. Исследование технологии получения новых форм фосфорсодержащих биоудобрений // Известия высших учебных заведений. серия: химия и химическая технология. 2014. Т. 57. № 9. С. 73–77.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГЛАУКОНИТА

*Н. А. Соловьева, Н. В. Сырчина*  
*Вятский государственный университет,*  
*nadyshkasolovyova@gmail.com*

Глауконит представляет собой минерал слоистого строения, широко распространенный в качестве примеси в осадочных породах мелководно-морского происхождения и современных морских осадках. Россия обладает практически неограниченными ресурсами этого полезного ископаемого. Обычно глауконит выделяют из глауконитсодержащих песков, в которых массовая доля минерала достигает 60 %. Глауконит отличается экологической безопасностью, доступностью, низкой стоимостью, богатым микроэлементным составом, выраженными буферными, сорбционными и ионообменными свойствами. Состав глауконита различных месторождений варьирует в широких пределах и может быть выражен общей формулой:  $(K, H_2O)(Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg)_2 [Si_3AlO_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$ . Благодаря комплексу ценных характеристик минерал находит применение в сельском хозяйстве, технологии водоочистки и водоподготовки, технологии производства строительных материалов, используется для производства удобрений, сорбентов, красителей, а также для реабилитации загрязненных территорий. В последнее время усилился интерес к использованию глауконита в животноводстве в качестве эффективного натурального энтеросорбента, проявляющего сорбционно-детоксикационную активность [1]. Включение глауконита в рацион животных способствует повышению переваримости и усвояемости корма, связыванию токсичных веществ (в том числе тяжелых металлов, радионуклидов, пестицидов, аммиака, микотоксинов) непосредственно в пищеварительном тракте, в результате продуктивность животных существенно повышается, у птиц оптимизируется соотношение кальция и натрия и улучшается снабжение организма железом [2, 3]. В настоящее время ассортимент применяемых в животноводстве энтеросорбентов достаточно велик, при этом каждый препарат имеет свою специфику. В связи с этим, особую значимость приобретают работы, направленные на сравнительную оценку различных сорбентов по отношению к тем или иным компонентам.

Цель настоящей работы состояла в оценке сорбционной активности глауконита по отношению к катионам различных металлов в сравнении с гидролизным лигнином и активированным углем.

Как гидролизный лигнин, так и активированный уголь широко используются в качестве энтеросорбентов [4]. Активированный уголь эффективно поглощает различные газы, широкий спектр органических токсинов, соли различных металлов, продукты метаболизма лекарственных препаратов и др., однако применение этого сорбента может привести к травмированию слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта животных.

Гидролизный лигнин и препараты на его основе лишены данного недостатка. Лигнины не только не травмируют слизистые оболочки органов пищеварения, но и проявляют репаративные свойства. Энтеросорбенты на основе лигнина способны к поглощению токсичных веществ и патогенных микроорганизмов, в том числе кишечной палочки. Имеются данные о сорбционной активности лигнина по отношению к катионам тяжелых металлов [5].

Сорбционные свойства глауконита, активированного угля и гидролизованного лигнина оценивались по отношению к катионам  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ . Соединения соответствующих металлов активно используются в составе кормовых добавок с целью восполнения дефицита минеральных элементов в рационах и повышения продуктивности животных [6]. Включение в рационы животных минеральных комплексов совместно с энтеросорбентами может привести к снижению эффективности соответствующих добавок, поскольку определенная их часть будет связываться сорбентами и выводиться из желудочно-кишечного тракта животных. Кроме того, в работе было изучено влияние сорбентов на содержание кислот в растворе. Данные исследования имеют большое практическое значение, поскольку дают возможность прогнозировать влияние сорбентов на кислотность среды и, соответственно, эффективность процессов пищеварения в различных отделах желудочно-кишечного тракта животных. Кроме того, органические кислоты и их соли добавляются в корма для животных в качестве стимуляторов роста, кишечных стабилизаторов, безопасных бактерицидных препаратов [7].

Для приготовления растворов реагентов применялись реактивы квалификации ХЧ. Концентрация исходных растворов для изучения статической обменной емкости составляла:

- растворы кислот ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{HCl}$ ) – 0,1 моль/дм<sup>3</sup>,
- растворы хлоридов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  – 0,05 моль/дм<sup>3</sup>.

Для выполнения экспериментов использовался глауконит, выделенный методом магнитной сепарации из кварцево-глауконитовых песков Белозерского месторождения Саратовской области (содержание глауконита 95%); гидролизный лигнин (ООО «Кировский биохимический завод») и уголь активированный (Фармстандарт, Россия).

Для сравнительной оценки сорбционных свойств различных сорбентов применялся статический метод адсорбции из растворов. Исследования были направлены на изучение способности сорбентов поглощать в статических условиях катионы металлов и водорода. Расчет статической обменной емкости сорбентов проводился по стандартной методике [8]. Сорбция осуществлялась путем интенсивного перемешивания приготовленного раствора соли или кислоты с сорбентом в течение 60 минут. Через 60 минут сорбент выделялся из раствора с помощью отстаивания и последующего фильтрования. При однократной добавке сорбента массой  $g$  (г) в определенный объем раствора статическая обменная емкость (СОЕ, мг/г) рассчитывалась по уравнению:

$$\text{СОЕ} \cdot g + V \cdot C_{\text{равн.}} = V \cdot C_{\text{исх.}}$$

или

$$\text{СОЕ} = (C_{\text{исх.}} - C_{\text{равн.}}) \cdot V / g,$$

где  $g$  – масса сухого сорбента, г;

$V$  – объем раствора,  $\text{дм}^3$ ;

$C_{\text{исх.}}$  – концентрация исходного раствора,  $\text{мг/дм}^3$ ;

$C_{\text{равн.}}$  – равновесная (остаточная) концентрация катионов в фильтрате, устанавливающаяся в растворе после его перемешивания с сорбентом в течение времени  $t$ ,  $\text{мг/дм}^3$ .

Исходную и равновесную концентрации кислот в растворах определяли методом кислотно-основного титрования; содержание катионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  – комплексонометрическим методом; содержание  $\text{Cu}^{2+}$  – иодометрическим методом.

Данные о сорбции катионов металлов изучаемыми сорбентами представлены в таблице 1.

Таблица 1

### Сорбция катионов из растворов солей различными сорбентами

Сорбент	Масса поглощенных катионов, мг на 1 г сорбента			
	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$
Активированный уголь	2,3±0,1	2,0±0,1	1,9±0,1	1,9±0,1
Гидролизный лигнин	2,2±0,1	1,9±0,1	2,0±0,1	1,9±0,1
Глауконит	2,4±0,1	2,0±0,1	2,3±0,1	2,1±0,1

Согласно полученным результатам, статическая обменная емкость глауконита по отношению к изучаемым катионам не уступает соответствующему показателю для активированного угля и гидролизного лигнина и составляет примерно 2 мг на 1 г сорбента. Катионы  $\text{Cu}^{2+}$  сорбируются глауконитом несколько лучше, чем другими сорбентами. Включение глауконита в рационы животных может привести к ухудшению их минерального питания. Об этом свидетельствуют следующие расчеты: рекомендуемая норма скармливания глауконита свиньям составляет 0,2 г на 1 кг массы животного, т.е. 20 г на 100 кг живой массы. 20 г глауконита могут поглотить около 40 мг катионов меди или цинка. При этом в составе премиксов в корм свиней вводится 100–120 мг цинка и 20 мг меди (на 100 кг массы животного) [9]. Совместное скармливание глауконита и минеральных премиксов может снизить биодоступность микроэлементов на 20–30%.

Данные о сорбции ионов водорода из растворов слабой ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) и сильной ( $\text{HCl}$ ) кислот изучаемыми сорбентами представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Сорбция ионов водорода из растворов кислот

Сорбент	Количество поглощенных катионов водорода, ммоль на 1 г сорбента	
	из раствора $\text{CH}_3\text{COOH}$	из раствора $\text{HCl}$
Активированный уголь	19,53±0,02	19,44±0,05
Лигнин	19,49±0,02	19,46±0,05
Глауконит	19,51±0,02	19,54±0,05

Результаты, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что все изученные сорбенты имеют практически одинаковую статическую обменную емкость по отношению к катионам водорода, составляющую 19,5 ммоль/г.

Исходя из результатов выполненных исследований, можно сделать следующие выводы:

Статическая обменная емкость глауконита по отношению к катионам  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$  не уступает статической обменной емкости гидролизного лигнина и активированного угля, вместе с тем стоимость глауконита значительно ниже стоимости активированного угля и сорбентов на основе лигнина.

Использование глауконита в качестве кормовой добавки совместно с минеральными премиксами может привести к снижению концентрации биогенных элементов в рационах. Данный аспект применения глауконита необходимо учитывать при разработке программ кормления животных.

Глауконит способен регулировать кислотность среды желудочно-кишечного тракта, что также необходимо учитывать при использовании его в качестве минеральной кормовой добавки.

#### Литература

1. Волков М. Ю. Калилец А. А. Энтеросорбент и способ его получения. Патент RU 2545711. 2013. Опубликовано: 10.04.2015 Бюл. № 10.
2. Пашетко А. В., Горелик О. В. Эффективность применения природных кормовых добавок в кормлении молодняка крупного рогатого скота // Известия ОГАУ. 2014. № 1. С. 102–105.
3. Цыганкова Л. Е., Протасов А. С., Вигдорович В. И., Акулов А. И. Глауконит Бондарского месторождения Тамбовской области перспективный полифункциональный сорбент // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2012. № 2. С. 735–741.
4. Панфилова В. Н., Таранушенко Т. Е. Применение энтеросорбентов в клинической практике // Педиатрическая фармакология. 2012. № 6. С. 34–39.
5. Тунакова Ю. А., Мухаметшина Е. С., Шамова Ю. А. Оценка сорбционной емкости биополимерных сорбентов на основе лигнина в отношении металлов // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 9. С. 74–79.
6. Мадышев И. Ш., Файзрахманов Р. Н., Камалдинов И. Н. Эффективность кормовых добавок в животноводстве // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2017. Т. 232. № IV. С. 105–108.
7. Сеилов К. Х. Влияние молочной и янтарной кислот на продуктивные качества свиней: Дис. ... канд. с.-х. наук. УГАВМ, Троицк, 2002. 148 с.
8. Хлынина Н. Г., Алексейко И. С. Изучение сорбционных свойств сорбентов в статических условиях // Вестник КрасГАУ. 2008. № 1 С. 92–99.
9. Кормление свиней разных технологических групп. URL: <http://www.activestudy.info/kormlenie-svinej-raznyx-technologicheskix-grupp/> (дата обращения 15.03.2013).

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА(III),  
СВИНЦА(II), КАДМИЯ, МЕДИ(II), ЦИНКА И АЗОТА  
В ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ  
ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРОСТКОВ ЯЧМЕНЯ СОРТА «НОВИЧОК»**

*А. С. Таляр<sup>1</sup>, А. В. Маркова<sup>1</sup>, А. А. Камнева<sup>1</sup>, Н. В. Кручинина<sup>1</sup>,  
Е. С. Петухова<sup>1</sup>, Н. В. Сырчина<sup>1,2</sup>,  
Т. И. Кутявина<sup>1,2</sup>, Т. Я. Ашихмина<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup> *Лаборатория биомониторинга Института биологии  
Коми НЦ УрО РАН и ВятГУ, ecolab2@gmail.com*

При внесении ионов тяжёлых металлов (ТМ) в почву в ней происходят различные изменения физико-химического состава, состава микробных комплексов и их функционирования. ТМ участвуют в процессах метаболизма биологически активных веществ – гормонов, витаминов, а также белков и ферментов. Например, ионы цинка принимают участие в синтезе и регулируют работу 1272 белков, ионы меди – 108 белков. Микроэлементы повышают иммунитет живых организмов, стимулируют ростовые реакции, увеличивают удельную поверхность листовой пластинки у растений, содержание хлорофиллов а и b, оказывают стабилизирующее действие на зеленые пигменты при старении хлоропластов [1, 2].

При этом многие микроорганизмы почв устойчивы к воздействию тяжёлых металлов: соединениям  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , способны продуцировать кислоты и сидерофоры [3]. По отношению, например, к свинцу выявляется способность адсорбировать его на внеклеточных полисахаридах, вытеснять из клетки, образовывать нерастворимые фосфаты, обеспечивать отток ионов свинца из клетки и связывание его регуляторными белками [4], что может быть полезным при ремедиации почв, загрязнённых соединениями тяжёлых металлов [5].

При низких (физиологических) концентрациях ТМ наблюдается стимулирование роста растений, а с увеличением концентрации наступает постепенное ингибирование, прекращение роста и гибель организма. «Переходная зона» между стимулирующим и ингибирующим воздействием металлов лежит в очень узких пределах. Например, медь участвует в биохимических реакциях, как в роли окислителя, так и в роли восстановителя, что приводит в растениях к образованию свободных радикалов и, соответственно, к повреждению структуры белков, дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и других биомолекул [6]. Накопление кадмия в растениях вызывает нарушение фотосинтеза, уменьшает способность поглощать воду и питательные вещества клетками растений, его соединения ингибируют процессы переноса питательных веществ в клетке, а также клеточный окислительно-восстановительный процесс внутри растительного организма в целом [7, 8].

Образование комплексных соединений металлов с органическим веществом почвы способствуют выведению излишнего содержания соединений металлов из миграционных циклов на длительное время. Прочность фиксации разных металлов в органическом веществе почв неодинакова. Наиболее прочно закрепляется ртуть, прочно связывается свинец, менее прочно – медь, еще менее – цинк и кадмий [9].

Таким образом, металлы в живом организме при взаимодействии друг с другом, усиливают или ослабляют свое действие на жизненные процессы организма. Так, физиологические воздействия кадмия, в том числе и его токсичность, зависят от количества присутствующего цинка, а функции железа в клетках определяются присутствием меди, кобальта и в некоторой степени молибдена. Таких связей множество и изучены они пока недостаточно [10].

Ранее коллективом нашей научно-исследовательской группы изучалось воздействие на растительные объекты при раздельном и совместном участии одного, двух или трёх химических компонентов на примере соединений меди, свинца, цинка, кадмия и аммонийного азота. Данное исследование посвящено изучению воздействия в поликомпонентных системах с участием различных поллютантов: соединений  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  в разных их вариантах на растения ячменя сорта Новичок с целью выявления различий в их воздействии при совместном присутствии.

Исследования проводились в модельном эксперименте. Растения выращивали в полиэтиленовых контейнерах, в которые насыпали по 650 г сухой почвы. В почвы однократно вносили растворы солей металлов  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Массы солей ТМ были рассчитаны так, чтобы концентрации ионов ТМ составляли следующие величины: ионы  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  - 10 ОДК;  $\text{Cr}^{3+}$  - 20 ОДК;  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  - 50 ОДК;  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  - 100 ОДК в соответствии с ГН 2.1.7.2511-09. «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве». ГН 2.1.7.12-1-2004. «Перечень предельно допустимых концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве». Контролем служил вариант без внесения солей ТМ и нитрата аммония.

В каждый контейнер высевали по 30 семян, выдерживали при дневной температуре 21 °С и 13 °С ночной температуре с поливом водопроводной водой. Через 21 сутки с момента появления всходов растения извлекали, корни отмывали. У растений измеряли длину побегов, стеблей и корней (рис. 1). Различия с контролем достоверны при уровне значимости  $P \geq 0,95$ . Растительный материал фиксировали при 105 °С, высушивали до постоянной массы при 70 °С, затем определяли сухую массу побегов и корней.

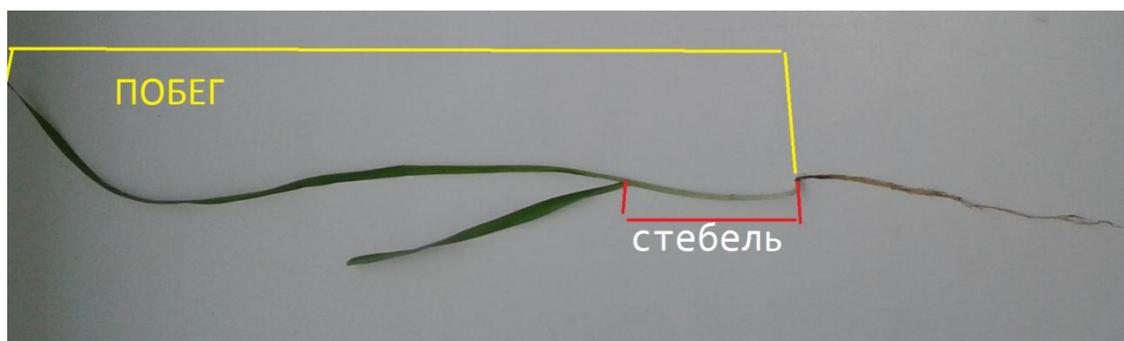


Рис. 1. Биометрия проростка ячменя сорта «Новичок»

В таблице 1 представлены результаты по изучению воздействия поллютантов в тройных и четверных системах с участием хрома, кадмия, цинка, свинца и меди при совместном присутствии их с ионами аммония и нитрат-ионами.

Таблица 1

**Результаты развития ростовых показателей ячменя сорта Новичок под воздействием поллютантов в тройных и четверных системах**

Вариант	Длина, см					
	Корень	Побег	Стебель	1 лист	2 лист	3 лист
Контроль	9,1±1,2	33,1±2,7	6,9±0,6	11,8±1,3	26,5±2,1	3,3±0,4
$Cd^{2+}+NH_4^++NO_3^-$	5,6±0,6*	33,1±3,5	7,1±0,5	9,8±1,2	26,0±3,3	У
$Cd^{2+}+Cr^{3+}+NH_4^++NO_3^-$	1,0±0,2*	3,9±0,9*	2,1±0,3*	2,5±0,8*	0,6±0,1*	У
$Zn^{2+}+NH_4^++NO_3^-$	4,8±0,9*	30,2±3,8	7,4±1,0	10,7±1,9	20,6±3,6	У
$Zn^{2+}+Cr^{3+}+NH_4^++NO_3^-$	0,3±0,1*	4,9±0,8*	2,0±0,3*	3,0±0,5*	У	У
$Pb^{2+}+NH_4^++NO_3^-$	1,1±0,2*	14,6±2,8*	4,6±0,6*	2,1±0,4*	5,8±1,2*	У
$Pb^{2+}+Cr^{3+}+NH_4^++NO_3^-$	0,5±0,1*	6,1±1,1*	2,2±0,4*	2,1±0,4*	5,8±1,2*	У
$Cu^{2+}+NH_4^++NO_3^-$	0,4±0,1*	9,0±1,1*	3,5±0,7*	5,2±1,0*	5,4±0,8*	У
$Cu^{2+}+Cr^{3+}+NH_4^++NO_3^-$	У	У	У	У	У	У
$Cr^{3+}+NH_4^++NO_3^-$	1,1±0,2*	11,3±2,3*	5,4±1,3			

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что корень растения ячменя сорта Новичок испытывает наибольшее воздействие исследуемых компонентов в сравнении с побегом и стеблем от 9.1 см в контроле до 0,4 см в присутствии  $Cu^{2+}+NH_4^++NO_3^-$ . Если угнетение роста корня под воздействием ионов аммония, нитрат-ионов и кадмия возрастает в сравнении с контролем только в 1,6 раза, то под воздействием ионов меди в присутствии ионов аммония и нитрат-ионов в 22,7 раза. В то время как угнетение развития побега в присутствии кадмия, ионов аммония и нитрат-ионов в этой системе не выявлено, а угнетение роста побега под влиянием меди составляет 3,7 раза, стебля соответственно около 2 раз относительно контроля.

Исследуемые тройные системы представляют собой достаточно удачный подбор поллютантов, отличающихся друг от друга наличием только со-

ответствующего металла, что позволяет выявить при одинаковых условиях отличительные особенности воздействия на проростки ячменя различных металлов, как в тройных, так и в поликомпонентных системах. Во-первых, отчетливо проявляется по показателям развития корня, побега и стебля сходство по воздействию на них соединений свинца и хрома, а также кадмия и цинка. Кроме того, в тройной системе  $\text{Cd}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$  развитие побега и стебля не имеет отклонений от показателей контроля, за исключением развития корневой системы. Наибольшее воздействие на развитие проростков ячменя оказывают из исследуемых нами в тройных системах ионы меди.

Добавление в тройных системах из кадмия, цинка, меди и свинца в присутствии ионов аммония и нитрат-ионов:  $\text{Cd}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ,  $\text{Zn}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ,  $\text{Pb}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cu}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$  соединений хрома, как четвертого поллютанта, приводит к очень резким изменениям в развитии всех ростовых показателей растений ячменя сорта Новичок.

Результаты воздействия соединений хрома в тройной системе:  $\text{Cr}^{3+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$  на развитие корня, стебля и побега растения несколько сходны с результатами тройной системы  $\text{Cu}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ , при этом наибольшее ингибирующее действие на развитие проростков ячменя проявляется в тройной системе с медью. При совместном присутствии компонентов данных тройных систем в виде четверной системы  $\text{Cu}^{2+} + \text{Cr}^{3+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$  вызывает полное угнетение роста и развития всех морфологических органов растения ячменя.

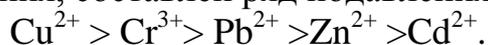
Поведение ионов  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Cr}^{3+}$  в тройных системах:  $\text{Cd}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$  и  $\text{Cr}^{3+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$  существенно отличается по степени воздействия, достаточно высокий уровень угнетения роста и развития проявляется в системе с хромом. В четверной системе  $\text{Cd}^{2+} + \text{Cr}^{3+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$  проявляется ещё большее угнетение роста корневой системы в 5,6 раза в сравнении с тройной системой и в 9 раз в сравнении контролем.

Аналогичное с кадмием воздействие на рост корня, развитие побегов и стебля ячменя проявляется в поликомпонентной четверной системе с цинком:  $\text{Zn}^{2+} + \text{Cr}^{3+} + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ , угнетение роста корня проявляется в 30 раз, побега в 6,6 раз, стебля в 3,5 раз в сравнении с контролем.

Несколько в меньшей степени проявляются эти свойства в развитии стебля, первого и второго листа растений ячменя. Развитие третьего листа во всех вариантах через 21 сутки прорастания (кроме контроля) не выявлено.

Таким образом, с увеличением количества представителей поллютантов в системе в большей степени проявляется ингибирование всех морфологических органов растения и, в первую очередь, корневой системы.

Из пяти исследуемых в поликомпонентных системах ионов металлов, по их воздействию на растения ячменя сорта Новичок в присутствии нитрата аммония, составлен ряд подавления роста и развития:



*Работа выполнена в рамках государственного задания Вятского государственного университета по теме «Механизмы адаптации и устойчивости почвенной микробиоты к техногенному загрязнению № 5. 4962.2017/БЧ.*

#### **Литература**

1. Krämer U. et al. Transition metal transport // *FEBS Lett.* 2007. V. 581. P. 2263–2272.
2. Blindauer C. A. et al. Cytosolic metal handling in plants: determinants for zinc specificity in metal transporters and metallothioneins // *Metallomics.* 2010. V. 2. P. 510–529.
3. Abou-Shanab R. A., Ghozlan H., Ghantm K., Moawad H. Behavior of bacterial populations isolated from rhizosphere of *Diplachnefusca* dominant in industrial sites // *World J. Microbiol and Biotechnol.* 2005. V. 21. № 6–7. P. 1095–1101.
4. Jarostawiecka A., Piotrowska-Seget Z. *Microbiology Society.* 2014. 160. № 1. P. 12–25.
5. Домрачева Л. И., Леонова К. А., Фокина А. И., Скугорева С. Г. Влияние ионов свинца на бактерии рода *Bacillus* // *Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч-прак. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: Изд-во ВятГУ, 2017. С. 255–257.*
6. Hänsch R. et al. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl) // *Curr. Opin. Plant Biol.* 2009. V. 12. P. 259–266.
7. Poschenrieder C. et al. Influence of cadmium on water relations, stomatal resistance and abscisic acid content in expanding bean leaves // *Plant Physiol.* 1989. V. 90. P. 1365–1371.
8. Казнина Н. М. и др. Влияние кадмия на физиологические процессы и продуктивность растений семейства *Roaceae* // *Успехи соврем. биологии.* 2013. Т. 133. № 6. С. 588–603.
9. Башмаков Д. И., Лукаткин А. С. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. 236 с.
10. Юфит С. С. Яды вокруг нас. М.: Джеймс, 2001. 400 с.

### **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ**

***Н. А. Честикова, С. Л. Фукс***

*Вятский государственный университет, n.chestikova@gmail.com*

Повышению физико-механических и антикоррозионных свойств изделий способствует создание композиционных электрохимических покрытий (КЭП) с медной матрицей, обладающей высокими пластичными свойствами, в которую легко внедряются любые частицы дисперсной фазы (ДФ).

Исходя из анализа литературных данных последних лет, актуальным является изучение возможности одновременного внедрения в медное покрытие разнородных по составу, свойствам и размерам частиц дисперсной фазы, состоящей из оксидов металлов, силикатов в виде кварцевого песка или полевого шпата, магнитных частиц железа и др. Этими свойствами обладают некоторые отходы металлургических и энергетических производств, в том числе шлаки и золы [1–5].

Исходя из этого, целью данной работы являлось изучение влияния состава дисперсной фазы на свойства КЭП медь – зола уноса.

Электролиз осуществлялся с использованием источника питания типа *Matrix MPS-3003LK-1*. Определение массы производилось на аналитических весах. Изучение морфологии и элементного состава осуществлялось сканирующим электронным микроскопом (СЭМ) марки *JEOL JSM-6510 LV* со встроенным детектором для энергодисперсионного анализа.

КЭП медь – зола уноса осаждался из электролита:  $\text{CuSO}_4$  – 100 г/л,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – 200 г/л, полиэтиленполиамин (ПЭПА) – 100 г/л в течение 0,33 ч при плотности тока 0,5–3,0 А/дм<sup>2</sup>, температуре 20–30 °С и рН 8,2–9,0 [6–8].

Формирование матрицы и композита осуществлялось на стальном катоде. Для создания КЭП медь – зола уноса использовалась ДФ зола уноса ТЭЦ–4 (г. Киров).

Расчет выхода по току (Вт) осуществлялся по формуле:  $\text{Вт} = m_{\text{пр}}/m_{\text{теор}} \cdot 100\%$ , где  $m_{\text{пр}}$  – практическая масса, осажденного металла, определялась как разница масс образца до нанесения покрытия и после по отношению к теоретической величине  $m_{\text{теор}}$  ( $m_{\text{теор}} = q \cdot I \cdot \tau$ , где  $q$  – электрохимический эквивалент меди, равный 1,185 г/А·ч [6],  $I$  – сила тока, А,  $\tau = 0,33$  ч). Толщина КЭП медь – зола уноса определялась по уравнению:  $\delta = (m_{\text{пр}} / S \cdot \rho) \cdot 10^4$  ( $\rho = 8,9$  г/см<sup>3</sup> [6])  $S$  – площадь покрытия, выраженная в см<sup>2</sup>.

Результаты расчета толщины покрытия медной матрицы и КЭП медь – зола уноса (неразделенной на магнитную и немагнитную фракции) представлены на рисунке 1.

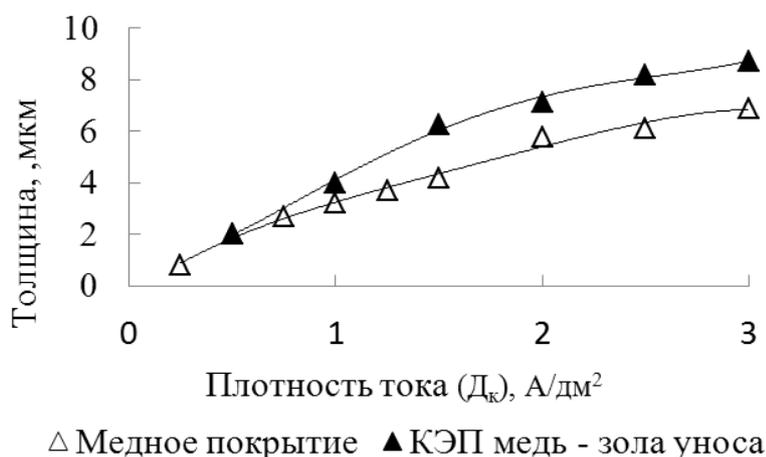


Рис. 1. Зависимость толщины КЭП медь – зола от плотности тока

При увеличении плотности тока от 0,5 до 3,0 А/дм<sup>2</sup> толщина покрытия возрастает при формировании медной матрицы в 3,5 раза, для КЭП медь – зола уноса – в 4,4 раза.

Результаты нанесения КЭП медь – зола уноса для магнитной и немагнитной фракций представлены в таблице 1. Здесь же представлены результаты, полученные с использованием неразделенной золы уноса.

Таблица 1

**Результаты создания КЭП медь – зола уноса ( $D_k = 3 \text{ А/дм}^2, 0,33 \text{ ч}$ )**

Дисперсная фаза	$m_{\text{пр}}, \text{ Г}$	$m_{\text{зола}}, \text{ Г}$	$В_t, \%$	$\delta, \text{ мкм}$
Неразделенная зола уноса	0,4058	0,1500	75	9,6
Немагнитная фракция	0,4789	0,1300	74	9,6
Магнитная фракция	0,4278	0,1709	82	10,5

При использовании магнитной фракции золы уноса  $В_t$  максимальный и составляет 82% и снижается на 7% при использовании неразделенной золы уноса и на 8% ниже, чем для электролита, содержащего немагнитную фракцию.

Определение состава золы уноса и размера частиц и их природы с помощью СЭМ представлены на рисунке 2, а её средний элементный состав – в таблице 2.

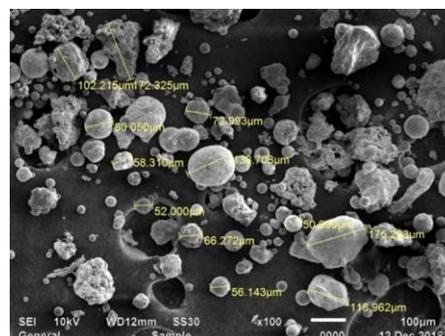


Рис. 2. Морфология золы уноса ТЭЦ-4

Таблица 2

**Средний элементный состав золы уноса**

Содержание элементов в весовых %											
C	O	Na+K	Mg	Al	Si	P	S	Ca	Ti	Mn	Fe
9,14	41,14	0,66	0,79	3,80	7,54	1,25	0,16	10,5 3	0,14	0,63	24,20

Оказалось, что частицы золы уноса размером 52–80 мкм имеют сферическую форму. Для частиц с размерами более 100 мкм преобладает неправильная форма. В состав золы преимущественно входят кислород, железо, кальций, углерод и кремний. Высокие магнитные свойства золе придает большое количество частиц железа и его оксидов, а присутствие кальция придает золе уноса основность, в то время как силикаты и  $\text{SiO}_2$  повышают кислотность.

Элементный состав поверхности стали марки 30ХГСА приведен в таблице 3.

Таблица 3

**Средний элементный состав стали 30ХГСА**

Содержание элементов в весовых %											
C	O	Na	Al	Si	S	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Cu
18,63	9,65	0,52	0,10	1,90	0,06	0,08	0,08	1,12	1,81	65,97	0,08

Основной компонент стали – железо, также в большом количестве содержится углерод, кислород, присутствует достаточно большое количество марганца и хрома, что соответствует стандарту [9].

Результаты определения структуры КЭП медь – зола уноса, неразделенной на фракции, полученной при  $D_k = 3,0 \text{ А/дм}^2$  в течение 0,33 ч, представлены на рисунке 3, а его средний элементный состав – в таблице 4.

Таблица 4

**Средний элементный состав КЭП медь – зола уноса**

Содержание элементов в весовых %							
C	O	Si	Ti	Cr	Fe	Ni	Cu
6,52	0,65	0,05	0,08	3,58	14,93	2,11	72,08

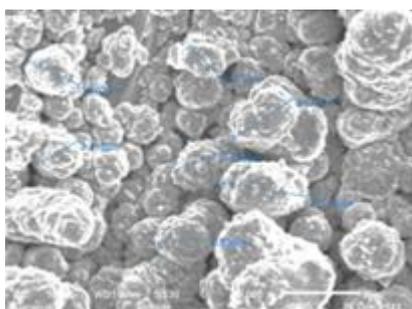


Рис. 3. Морфология КЭП медь – зола уноса (5000 $\times$ )

Из рисунке 3 видно, что происходит рост кристаллитов меди размером 0,5–5,7 мкм и заращивание частиц золы уноса. На поверхности наблюдаются точки роста. Сравнивая элементный состав КЭП медь – зола уноса и стали без покрытия (табл. 3 и 4), видим, что в составе КЭП медь – зола уноса, в отличие от стали, присутствует медь. Это является условием образования медной матрицы.

Таким образом, получено КЭП медь – зола уноса. Присутствие золы уноса в электролите приводит к увеличению массы покрытия, выхода по току меди и толщины КЭП медь – зола уноса.

Установлено, что зола уноса внедряется в матрицу в зависимости от характеристики фракции.

**Литература**

1. Сайфуллин Р. С., И. Хацринов А., Водопьянова С. В. , Мингазова Г. Г., Фомина Р. Е. Исследования в области создания композиционных электрохимических покрытий (КЭП) с дисперсной фазой микро- и наночастиц // Вестник Казанского технологического университета. 2009. С. 80–90.
2. Мингазова Г. Г., Фомина Р. Е., Водопьянова С. В., Сайфуллин Р. С. Композиционные покрытия с различной металлической матрицей // Вестник Казанского технологического университета. 2012. С. 81–83.
3. Васильева Н. А. Композиционные металлополимерные покрытия, формируемые химическим методом // Известия вузов. Северо-кавказский регион. 2015. № 4. С. 133–137.
4. Коробейникова Я. В., Фукс С. Л., Михалицына Ю. С. Получение декоративных покрытий методом блестящего никелирования с применением золы ТЭЦ // Символ науки. 2018. № 5/2018. С. 55–59.
5. Целуйкин В. Н. Композиционные электрохимические покрытия: получение, структура, свойства // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2009. № 3. С. 287–301.
6. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. М.: Глобус, 1998. 302 с.
7. Грихилес С. Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов. Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1983. 101 с.
8. Ямпольский А. М. Краткий справочник гальванотехника. М.: Изд-во машиностроительной литературы, 1962. 244 с.
9. Журавлев В. Н., Николаева О. И. Машиностроительные стали. Изд. 3-е. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1981. 391 с.

## ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ НОВОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ИНДЕКСА КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

*М. В. Гусейнова*

*Азербайджанский технический университет, m.v.huseynova@mail.ru*

Как отмечается в работе [1], с 2000 г. по 2020 г. процентное количество людей в возрасте свыше 65 лет возрастет с 16% до 20%. При этом люди старшего возраста приблизительно 19-20 часов в сутки проводят в помещениях. Это обстоятельство указывает на актуальность исследований оценки состояния окружающей среды в помещениях, в частности формирования комплексной оценки температурного комфорта и качества воздуха в помещениях. Основными факторами, влияющими на качество воздуха в помещениях являются аэрозоли (PM<sub>2.5</sub>; PM<sub>10</sub>), летучие органические вещества, СО и СО<sub>2</sub>. Индекс качества воздуха (IAQ) и индекс температурного комфорта (TCI) применительно к жилым и производственным помещениям являются важнейшими показателями, характеризующими общее качество окружающей среды в замкнутом пространстве обитания людей. Индекс качества воздуха ЕРА учитывает такие факторы как О<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, СО, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> и позволяет формировать 7 уровней опасности загрязнения воздуха для человеческого организма[2]. Как нам представляется такая ограниченность оценки вредного воздействия загрязнителей воздуха не позволяет формировать комплексные оценки качества окружающей среды в людских помещениях. Основными недостатками индекса качества воздуха являются:

1. Неучет таких загрязнителей воздуха, как СО<sub>2</sub> и формальдегид ;
2. Неучет причин и последствий глобального потепления в плане динамики временного роста концентрации СО<sub>2</sub> в воздухе;
3. Невозможность учета индекса ЕРА в комплексных динамических индексах, учитывающих временное развитие отдельных оценок воздействующих динамических факторов.

Целью настоящей статьи является исследование возможности формирования нового динамического индекса окружающей среды жилых и служебных помещений, сочетающий как частную оценку динамики роста концентрации СО<sub>2</sub> в воздухе, так и индекс термального комфорта, учитывающего рост средней температуры на планете из-за повышения концентрации СО<sub>2</sub> в атмосфере.

Согласно [3], закон изменения концентрации СО<sub>2</sub> в атмосфере по годам может быть аппроксимирован следующим выражением:

$$Y = 0.013t^2 + 0.518t + 310.44 \quad (1)$$

Что касается изменения температуры атмосферы из-за роста концентрации СО<sub>2</sub>, то согласно расчетам с учетом поглощения этого газа в диапазоне 15 мкм двухкратное повышение концентрации СО<sub>2</sub> приведет к увеличению

температуры на более чем  $1^{\circ}\text{C}$ . Вклад других длин волн поглощения составляет  $0,2-0,3^{\circ}\text{C}$  [4].

Согласно [3], основными газами, вызывающими дискомфорт и ухудшающими качество воздуха в людских помещениях являются  $\text{CO}_2$  и формальдегид. Согласно модели качества воздуха, предложенной в [5], концентрация любого газа в помещениях может быть представлена в виде суммы

$$C_i = C_{A,i} + C_{P,i} + C_{O_i} \quad (2)$$

где:  $C_i$  – суммарная концентрация газовой компоненты;  $C_{A,i}$  – вклад  $i$  – й компоненты, генерируемой с источников, не зависящих от площадей различных поверхностей;  $C_{P,i}$  генерируемой с источников, зависящих от площади различных поверхностей в пределах помещений;  $C_{O_i}$  – вклад источников, зависящих от концентрации  $i$  – го газа вне помещения.

Согласно [5],  $C_{O_i}$  можно представить в виде

$$C_{O_i} = C_{outi} \cdot F \quad (3)$$

где:  $F$  – коэффициент фильтрации или удаления загрязнителя из внешнего воздуха.

В первом приближении приняв  $C_{A,i} = \text{const}$ ;  $C_{P,i} = \text{const}$  выражение (2) напишем в виде

$$C_i = C + C_{outi} \cdot F \quad (4)$$

Так как нас интересует временная динамика трендового изменения вредных газов, то в дальнейшем будем рассматривать выражение (4) применительно к  $\text{CO}_2$ ; без указания индекса  $i$ .

Согласно [4] температура внешней среды определится как

$$t_{out} = t_o + k(C_{out} - C_{st}) \quad (5)$$

где:  $C_{out}$  – концентрация  $\text{CO}_2$  во внешней среде;  $C_{st}$  – стандартная величина концентрации  $\text{CO}_2$  во внешней среде;  $k$  – коэффициент пропорциональности;  $t_o$  – величина  $t_{out}$  при  $C_{out} = C_{st}$ .

Введем на рассмотрение совместный мультипликативный показатель температурного комфорта и качества воздуха в помещениях.

$$S = (PMV^{\lambda_1})((C_{out} - C_{st})^{\lambda_2}) \quad (6)$$

где:  $S$  – вводимый общий показатель;  $PMV$  – индекс температурного комфорта, введенный Фангером [6];  $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ ;  $\lambda_1, \lambda_2$  – весовые коэффициенты.

Учет разницы  $C_{out} - C_{st}$  в квадрате объясняется тем, что вредными оказываются как положительное, так и отрицательные приращения концентрации. В частности, нехватка  $\text{CO}_2$  может нарушить нормальный ход фотосинтеза в растительности, что в конечном счете приведет к ухудшению качества воздуха в окружающей среде.

Из выражения (5) находим

$$C_{out} - C_{st} = \left( \frac{t_{out} - t_o}{k} \right) \quad (7)$$

С учетом (6) и (7)

$$S = (PMV)^{\lambda_1} \cdot \left( \left( \frac{t_{out} - t_o}{k} \right)^2 \right)^{\lambda_2} \quad (8)$$

Рассмотрим зависимость индекса, введенного Фангером [2], от температуры внешней среды. Не приводя общее выражение этого индекса, составленного в виде алгебраической комбинации многочисленных факторов отметим, что этот индекс может быть представлен в следующем сокращенном виде

$$S = (PMV)^{\lambda_1} \cdot \left( \frac{(t_{out} - t_o)^2}{k^2} \right)^{\lambda_2} \quad (9)$$

где, для случая рассмотрение влияния температуры внешней среды на PMV можно принять, что

$$A_1 = \text{const}; k_2 = \text{const}$$

С учетом (6)÷(9) имеем

$$S = [A_1 + k_2(t_{out} - t_o)]^{\lambda_1} \cdot \left( \frac{(t_{out} - t_o)^2}{k^2} \right)^{\lambda_2} \quad (10)$$

Очевидно, что вновь введенный индекс S при  $t_{out} = t_o$  превращается в нуль, т.е. свойство PMV обнуления при максимальной оценке температурного комфорта сохраняется. Вместе с тем, существенно изменяется величина индекса дискомфорта PDS. Чтобы показать это, достаточно выражение (10) представить как

$$S = (PMV)^{\lambda_1} \cdot \left( \frac{(t_{out} - t_o)^2}{k^2} \right)^{\lambda_2} \quad (11)$$

Из выражения (11) ясно, что величина индекса PDS, определяемая фактической ненулевой величиной PMV, будет отлична от величины, определенной по Фангеру из-за коэффициентов  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , а также из-за наличия множителя  $\frac{(t_{out} - t_o)^2}{k^2}$ .

Таким образом, удастся в некотором смысле обобщить индекс PMV, введенный Фангером, в плане расширения его функционального охвата применительно к объективно существующему тренду увеличения процентного содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере.

В заключение сформулируем основные выводы проведенного исследования:

1. Показана необходимость формирования общего индекса качества окружающей среды в помещениях, учитывающий как температурный комфорт, так и качества воздуха.
2. Предложен мультипликативный критерий качества окружающей среды, учитывающий временной тренд изменения концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере.

3. Показано, что предлагаемый индекс сохраняет основные положительные свойства индекса PMV, т.е. обнуляется при полном комфорте и позволяет определить степень «дискомфорта» обитателей помещения путем вычисления ненулевого значения вводимого индекса.

#### Литература

1. Mendes A., Pereira C., Mendes D., Aguiar L., Neves P., Silva S., Batterman S., Teixeira J. P. Indoor air quality and thermal comfort-results of a pilot study in elderly care centers in portugal // J Toxicol Environ Health A. 2013;76(4-5):333-44. doi: 10.1080/15287394.2013.757213.

2. Saad S. M., Shakaff A. Y. M., Saad A. R. M., Yusof A.M., Andrew A. M., Zakaria A., Adom A. H. Development of indoor environmental index: air quality index and thermal comfort index aip Conference Proceedings 1808, 020043 (2017); doi: 10.1063/1.4975276 <http://dx.doi.org/10.1063/1.4975276> Published by the American Institute of Physics pp 020043 – 1 – 020043 – 10

3. Thomas J. Pfaff, Ithaca College Victor J. Donnay, Bryn Mawr College atmospheric CO<sub>2</sub> levels and rates of change [http://www.mathaware.org/mam/2013/sustainability-/Atmospheric-CO<sub>2</sub>-and%20Rates-of-Change-Lesson.pdf](http://www.mathaware.org/mam/2013/sustainability-/Atmospheric-CO2-and%20Rates-of-Change-Lesson.pdf).

4. F. Niehaus the problem of carbon dioxide iaea bulletin. Vol. 21. No1, P. 2–9.

5. Relationship among concentrations of indoor air contaminants, their sources, and different mitigation strategies on indoor air quality Sarah H. Widder and LivHaselbach Sustainability 2017. 9. 1149; doi:10.3390/su9071149

6. Fanger P. O. Assessment of man's thermal comfort in practice British Journal of Industrial Medicine. 1973. 30. P. 313–324.

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ г. ИШИМБАЙ

*Г. Х. Бикташева, Л. З. Тельцова, Г. Ф. Габидуллина, Р. М. Хазиахметов*  
*ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»,*  
*eco3110@rambler.ru*

Экологическая ситуация в городе Ишимбай формируется природно-климатическими условиями и нахождением города в промышленной зоне южной части республики Башкортостан, характеризующаяся значительной долей предприятий нефте- и газопереработки, химических производств, нефтедобычи, нефте- и газопроводной системы [1]. Одной из основных экологических проблем современности является урбанизация, связанная со стремительным ростом городов и промышленных предприятий. В данной статье обращено внимание на выявление и валовое содержание тяжелых металлов в почве города, лабораторные исследования проб воды, на содержание нефтепродуктов методом ИК – спектрометрии, определение токсичность воды методом биотестирования с использованием различных тест-объектов, а так же лабораторные эксперименты по содержанию тяжелых металлов и определению нитратов в овощных и плодово-ягодных культурах, взятых с личных земельных участков г. Ишимбай. Это актуально в последние годы для окру-

жающей среды и городской экологии в целом, так как подобные исследования носят эпизодичный характер.

Цель исследований: Дать оценку влияния техногенных выбросов промышленных предприятий города Ишимбай на экологическое состояние почвы, определить влияния деятельности промышленных предприятий г. Ишимбай, Салават и Стерлитамак на экологическое состояние водного объекта – р. Белая, выявление содержания тяжелых металлов и нитратов в пищевом сырье растительного происхождения, овощных, плодово-ягодных культурах, выращиваемых на земельных участках территории города.

*Задачи:* 1. Определить источники техногенного загрязнения окружающей среды, предприятий, расположенных на территории г. Ишимбай, и ближайших городов.

2. Оценить влияние техногенных выбросов на экологическое состояние почвы города Ишимбай и провести химический анализ валового содержания тяжелых металлов в почве города по 8 районам, показателю суммарного загрязнения, соотнести их к классам опасности, выявить приоритетные опасные тяжелые металлы почвы.

3. Определить с помощью тест - культуры семян редиса сорта «Красный великан» – фитотоксичность в почве придорожного полотна центральной автомагистрали города [2].

4. Определить содержание нефтепродуктов в пробах воды р. Белая методом ИК-спектрометрии, токсичность воды методом биотестирования с использованием тест-объектов.

5. Определить содержание ТМ и нитратов (Сн, Zn, РЬ, и др.) в пищевом сырье растительного происхождения (овощи, плодово-ягодные культуры) выявить приоритетные.

Методика исследований. Лабораторные исследования проводились в «АгроХим лаборатории» г. Ишимбай. Опыты проводились с весны 2017 г.

1. Отбор почвенных проб проводился согласно ГОСТ 17.4.3.02-84. Из каждой пробной площадки в трех равноудаленных друг от друга точках (вершины равностороннего треугольника) из верхнего гумусового горизонта 10 см отбирался почвенный образец при помощи лопаты массой до 1 кг, тщательно перемешивался и методом «конверта» из него отбиралась средняя проба массой 400 г.

2. Отбор проб водных объектов проводился в соответствии с нормативными документами методика - ГОСТ 51592-2000. Вода. «Общие требования к отбору проб». Токсичность проб воды, водных объектов так же исследовали методом биотестирования с использованием тест-объекта: *Paramecium caudatum*. Пробы поверхностных вод отбирали на глубине ~ 0,5 м, используя пробоотборники, затем помещали в стеклянные банки, отбор проб воды был проведен во второй декаде июня 2018 г. после окончания весеннего паводка. Места отбора проб выбирали вблизи источника загрязнения города Ишимбай, Салават, Стерлитамак и в фоновом створе, который находится выше влияния предприятий нефтехимического комплекса. Всего было отобрано 9 проб – по

3 в каждой (для достоверности и повторности эксперимента) из исследуемых промышленных районов и 1 контрольная проба.

Метод определения нефтепродуктов в воде заключается в однократной экстракции эмульгированных и растворенных нефтепродуктов из воды четыреххлористым углеродом (ЧХУ); отделении нефтепродуктов и измерении массовой концентрации нефтепродуктов методом ИК-спектрофотометрии на приборе КН-2 [3].

3. В опытах было проанализированы «пробы» – овощные и плодово-ягодные культуры на содержание химических элементов. В число объектов овощных культур входили: картофель, свекла, морковь, капуста белокочанная, выращиваемые в открытом грунте. Плодово-ягодные культуры: смородина красная и черная, малина, яблоня. Пробы отбирали в 9 точках наблюдения. Особое внимание было уделено земельным участкам, расположенным в пределах южной части г. Ишимбай.

Методы отбора проб и подготовка их к испытанию соответствовали нормативно-технической документации (ГОСТ 26929-94) и проведены по методикам, прошедшим государственную сертификацию. Токсиканты тяжелые металлы определяли методом инверсионно-вольтамперометрии. Определение нитратов: в пять больших пробирок поместили по 10 мл растительного сока всех образцов овощей, плодово-ягодных культур и салата (на белом фоне). В каждую пробирку прилили по несколько капель раствора дифениламина в концентрированной серной кислоте. Синяя окраска раствора указывает на присутствие нитрат-ионов:  $\text{NO}_3^- + \text{дифениламин} \Rightarrow \text{вещество интенсивного синего цвета}$ . Визуально наблюдали изменение окраски растворов. Бледно-голубое окрашивание – низкое содержание нитрат-ионов, голубое – среднее, синее – высокое.

При химическом анализе валового содержания тяжелых металлов в почве города по показателю суммарного загрязнения установлено, что от юго-восточной зоны в почве выявлено содержание тяжелых металлов, которые относятся к «высоко опасным» и «умеренно опасным» химическим элементам, так же выявили приоритетные тяжелые металлы почвы – свинец, цинк, олово, хром медь. В отобранных пробах выявлены органические соединения, нефтяные компоненты. Концентрации обнаруженных токсикантов варьируют в очень широком интервале. Выявлены: фенолы, нефтепродукты, бензол, толуол. Определена токсичность воды методом биотестирования с использованием тест-объекта, степень токсичности на изучаемом участке р. Белой изменялась от допустимой до высокой. Максимальные значения индекса токсичности зафиксированы в пробах, отобранных в районе г. Стерлитамака. Определили содержание ТМ в пищевом сырье растительного происхождения, они имеют избирательное отношение к некоторым видам овощей и зелени, так меди больше всего в свекле, в моркови выявлены цинк, свинец, кобальт, кадмий, но не превышающие значения ПДК, цинка больше всего в картофеле, зелени салата, значения превышают ПДК. Из исследованных металлов после анализа, так же выявили приоритетные ТМ – свинец, цинк, олово,

хром медь. Другие определяемые токсиканты содержатся в малых количествах. К ним относятся: марганец, никель, молибден, ванадий, кобальт, кадмий, которые были выявлены в смородине и яблоках. Установлено, что от юго-восточной зоны земельных участков выявлено содержание тяжелых металлов, которые относятся к «высоко опасным» и «умеренно опасным» химическим элементам. По данным исследования лидером на содержание нитратов оказались капуста и свекла, концентрация нитрат-ионов которых на много превышает предельно допустимый уровень. Во многих образцах плодово-ягодных культурах содержание нитратов не превышает ПДК, так как по мере продвижения нитрат – соединений по стволу дерева, они вступают во множество химических реакций и на плодах особо не отражаются.

#### Литература

1. Доклад о состоянии окружающей среды в Республике Башкортостан. 2015.
2. Киреева Н. А. Рекультивация нарушенных земель. Уфа: БашГУ, 2005. 207 с.
3. Ткачев В. Ф. Заключение о загрязнении подземных вод нефтепродуктами в левобережной части г. Ишимбая. Приложение к письму Управления по геологии и использованию недр при КМ РБ от 02.12.98 №07/07-127.

### ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛИЦЕЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

*З. П. Макаренко*

*Кировское областное государственное общеобразовательное автономное учреждение «Лицей естественных наук», nauka-klen@mail.ru*

«...На основе долгосрочного прогнозирования необходимо понять с какими задачами столкнется Россия через 10–15 лет, какие передовые решения потребуются для того, чтобы обеспечить национальную безопасность, высокое качество жизни людей, развитие отраслей нового технологического уклада. Нужно объединить усилия проектных, творческих команд и динамично развивающихся компаний, которые готовы впитывать передовые разработки, подключить ведущие университеты, исследовательские центры, Российскую академию наук, крупные деловые объединения страны... ..Важно, чтобы представители бизнеса, исследователи, разработчики сформулировали, какие для этого барьеры необходимо снять, какая поддержка им нужна» [1].

Без исследований не рождаются новые устройства, а техника не становится качественнее. Каждую минуту великие технологические умы ломают головы над тем, как сделать то или иное устройство [2, 3].

В Лицее естественных наук в течение многих лет выполняются исследовательские работы и проекты в области технологий по промышленной экологии. Научно-технические исследования включают:

- разработанные авторами исследований методики;
- лабораторное оборудование Лицея;

- разработку полупроизводственных установок;
- определение оптимальных параметров технологий;
- разработку технологических схем проведения расчетов,
- оборудования и себестоимости очистки;
- подбор уже изготавливаемого оборудования или аппаратов, т. к. разработка нового оборудования от чертежей до внедрения в производство составляет 10–15 лет.

При разработке технологий водоподготовки, очистки сточных вод, очистки и утилизации твердых отходов используются следующие принципы: полная утилизация отходов; возврат очищенных сточных вод в производство в системы водооборота; использование биологических, а не химических, дающих дополнительные загрязнения, методов очистки.

С 1996 г. по настоящее время в лицее выполнено порядка 70 исследовательских работ и проектов по различным технологиям в области промышленной технологии для решения экологических проблем предприятий г. Кирова. На рисунке 1 представлена диаграмма по количеству работ, выполненных по различным направлениям.

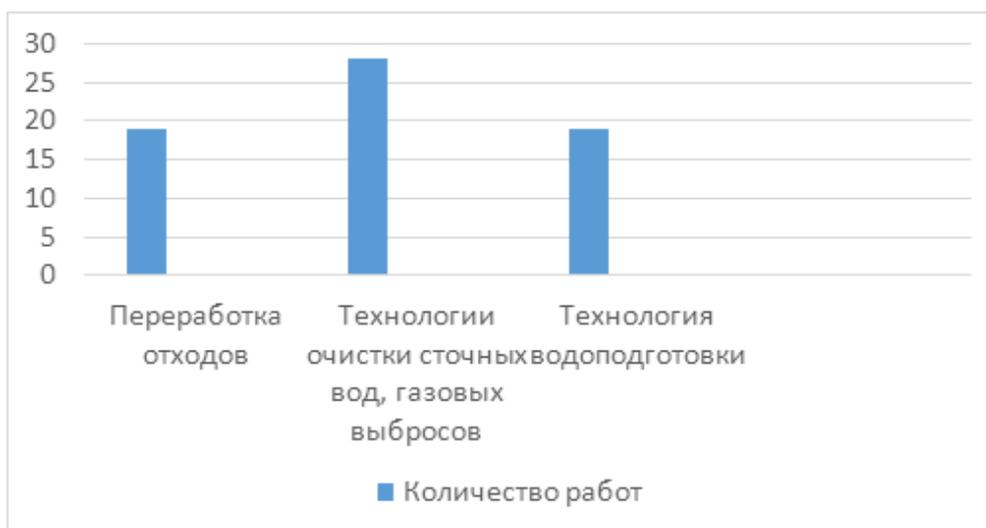


Рис. 1. Диаграмма количества исследовательских работ и проектов, выполненных по различным направлениям промышленной экологии

Три проекта, разработанные в лицее, были доложены на Международных форумах: «Разработка технологии очистки ливневого стока» (г. Ганновер, Германия), «Разработка компактной блочной установки биохимической очистки сточных вод кожевенно-мехового производства», «Экспериментальное обоснование безопасных методов обеззараживания воды плавательных бассейнов» (г. Дублин, Ирландия).

Технологическая схема компактной блочной установки биохимической очистки сточных вод кожевенно-мехового производства представлена на рисунке 2.

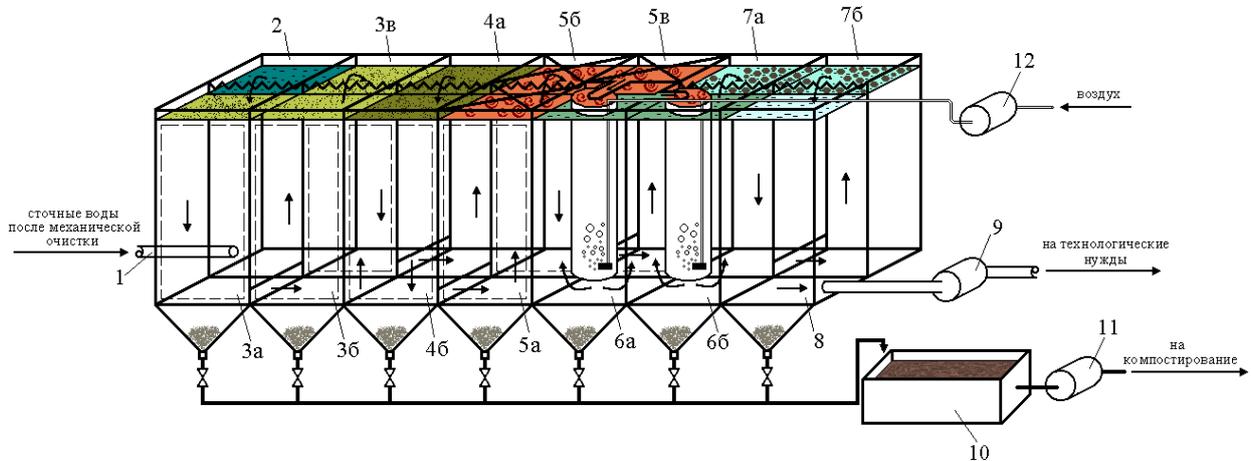


Рис. 2. Технологическая схема компактной блочной установки очистки сточных вод кожевенно-мехового производства

1 – трубопровод подачи сточной воды; 2 – приемный резервуар; 3а, 3б, 3в – фильтр со смешанной загрузкой «древесные опилки – антрацит»; 4а, 4б – биофильтр со смешанной загрузкой «древесные опилки – антрацит – биопленка штамма «Деворойл»; 5а, 5б, 5в – анаэробный биофильтр с загрузкой «вионозная ткань – биопленка штамма «Деворойл», адаптированного к  $\text{Cr}^{6+}$  и  $\text{Cr}^{3+}$ ; 6а, 6б – аэротенк-отстойник с загрузкой «вионозная ткань – биопленка штамма «Деворойл», адаптированного к фенолу; 7а, 7б – фильтр доочистки с загрузкой «темно-серый кремний фракции 5 – 10 мм» либо «дробленый галечник фракции 5 – 10 мм»; 8 – резервуар для сбора очищенной воды; 9, 11 – насос; 10 – емкость для сбора отработанной биопленки и осадка; 12 – компрессор.

Компактная блочная установка работает следующим образом. Сточная вода кожевенно-мехового производства после механической очистки по трубопроводу 1 собирается в приемном резервуаре 2, из которого она переливается через зубчатый водослив в фильтр 3а с загрузкой «фитосорбент – антрацит». Вода профильтровывается сверху вниз и через зазор между фильтрами 3а и 3б поступает в фильтр 3б, где идет дальнейшая очистка фильтрованием снизу вверх и сорбцией через опилки и антрацит. Далее очищенная вода, поступая через зубчатый водослив в фильтр 3в, профильтровывается сверху вниз. Затем она через зазор поступает в биофильтр 4а с загрузкой «опилки – антрацит – «Деворойл». В биофильтре 4а движется снизу вверх и очищается от жиров и органических загрязнений в анаэробных условиях. После биофильтра 4а вода поступает в биофильтр 4б, профильтровывается сверху вниз и поступает в биофильтры 5 с герметично закрытыми крышками с вионозной тканью и биопленкой «Деворойл». В биофильтрах с вионозной тканью в аноксидных условиях при движении воды попеременно снизу вверх и сверху вниз и снова снизу вверх воды очищается от хрома (VI) и других тяжелых метал-

лов. Также продолжается очистка от органических загрязнений. После биофильтров с вионовой тканью вода поступает в центральный цилиндр аэротенка-отстойника 6а, в котором закреплена вионовая ткань. Воздух подается компрессором 12 в цилиндр снизу. Сточная вода проходит через вионовую ткань центрального цилиндра сверху вниз и очищается в аэробных условиях от фенолов и органических загрязнений, потом проходит в зону отстаивания, поднимается наверх и затем по переливному желобу поступает в центральный цилиндр аэротенка-отстойника 6б. После аэротенка-отстойника 6б очищенная сточная вода для доочистки от биопленки и обеззараживания поступает, протекая сначала снизу вверх, а затем сверху вниз, на две ступени фильтров с загрузкой из дробленого галечника 7а и 7б. Очищенная вода собирается в резервуаре 8, из которого может быть использована на технологические нужды производства, полив территории и в системах пожаротушения.

В цехе очистки имеется два биореактора с питательным раствором и культурой «Деворойл» для биообращения вионовой ткани и опилок с антрацитом. Также имеется узел регенерации вионовой ткани, в котором расположена емкость с 10% раствором NaCl. Регенерирующий раствор используется многократно. Отработанный регенерирующий раствор рекомендуется использовать при обработке овчин. Отработанные опилки с антрацитом после подсушивания на открытом воздухе используются в качестве топлива в котельной. Отработанная биопленка периодически выпускается из конической части биофильтров под действием гидростатического напора в емкость 10. Из этой емкости с помощью насоса 11 отработанная биопленка извлекается и используется как составная часть субстрата при переработке отходов кожевенно-мехового производства методом вермикультивирования с использованием красного калифорнийского червя. Промывка фильтров с дробленным галечником фракции 5 – 10 мм производится обратным потоком воды путем подачи фильтрата из резервуара 8 насосом 9 в фильтры 7а и 7б. Промывная вода поступает в центральную камеру аэротенка-отстойника 6б.

Выбранная технологическая схема отработана на лабораторной установке очистки. Разработанная технологическая схема позволяет очистить сточные воды кожевенно-мехового производства до требований, позволяющих использовать их на технологические нужды или сбрасывать в водоемы рыбо-хозяйственного пользования).

Разработанная технологическая схема имеет следующие преимущества перед аналогами: сточные воды кожевенно-мехового производства очищаются до требований, предъявляемых к сбросу в водоемы рыбо-хозяйственного пользования; преобладают минимальные затраты электроэнергии по сравнению с традиционно используемыми технологиями (только для работы компрессора); используется дешевый фитосорбент, являющийся отходом деревообрабатывающей промышленности; анаэробная, аноксидная и аэробная биологическая очистка позволяет глубоко очистить сточные воды от органических загрязнений; использование вионовой ткани с биопленкой позволяет пол-

ностью удалить тяжелые металлы методом ионного обмена и анаэробной биологической очистки.

Во всех остальных проектах также соблюдались основные требования и принципы, которые необходимо соблюдать при разработке передовых технологий.

#### Литература

1. Из Послания Президента РФ В.В.Путина Федеральному Собранию (от 4 декабря 2014 г.).
2. Исследования. <https://hi-news.ru/research-development>.
3. Научные исследования и разработки в области технологий. <https://context.reverso.net>.

### О НЕОБХОДИМОСТИ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА

*З. Л. Баскин*

*Вятский государственный университет, [baskin.zakhar@mail.ru](mailto:baskin.zakhar@mail.ru)*

Обеспечение безопасности химических производств и людей, работающих на них и живущих в промышленных зонах, начинается с измерения степени загрязнения воздуха, воды, почвы. Если загрязнение почвы и воды, носящее часто локальный характер, еще допустимо определять периодически и исключать использование их без очистки, то загрязнение воздуха и выбросов необходимо анализировать непрерывно, так как оно носит случайный или стихийный характер, не знает границ и практически невозможно исключить воздействие загрязненного воздуха на человека.

Действующие в Российской Федерации системы государственных стандартов в области охраны атмосферы и безопасности труда, стандарты ИСО и АСТМ по контролю качества воздуха, руководства по контролю загрязнения атмосферы и методики выполнения измерений регламентируют периодический отбор и анализ непредставительных разовых проб, не связанных с техническими характеристиками и особенностями функционирования контролируемых объектов. При этом остается неизвестным загрязнение объектов в периоды между отбором проб. Но по полученным данным рассчитываются среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые значения загрязнения воздуха и принимаются неверные технические и управленческие решения. Такой контроль недопустим. На Кирово-Чепецком химическом комбинате, благодаря системному подходу к решению экологических проблем, была разработана и применена в производствах концепция непрерывного промышленного эколого-аналитического контроля воздушной среды [1–3].

*Статические и динамические объекты контроля.* Все окружающие нас антропогенные, техногенные и природные объекты можно разделить на статические и динамические. Статические объекты стабильны во времени, не изменяют свои параметры в течение цикла работы или хранения и могут кон-

тролироваться периодически. Это вещества, материалы, изделия, технологическое оборудование, здания, сооружения. Динамические объекты не стабильны во времени и изменяют свои параметры в течение цикла работы. Это технологические процессы в различных отраслях промышленности, сельского и коммунального хозяйства, биотические и абиотические процессы в биосфере, часто обусловленные антропогенными факторами и воздействиями. Контроль состава и свойств динамических объектов должен быть непрерывным промышленным: автоматическим или автоматизированным. Этот системный подход необходимо применять при мониторинге загрязнения динамических объектов воздушной среды. Основные задачи эколого-аналитического и технологического контроля (ЭАК и ТеАК) примесей загрязняющих веществ (ЗВ) в воздухе: 1 – определение источников организованных и неорганизованных выбросов и утечек из технологического оборудования; 2 – анализ загрязнения воздуха рабочих, производственных, санитарно-защитных, жилых и природных зон; 3 – анализ загрязнения выбросных технологических газов. Общий алгоритм ЭАК и ТеАК динамических объектов загрязнения воздуха: 1 – пробоотбор, 2 – анализ отобранных проб, 3 – обработка результатов анализов, 4 – метрологическое обеспечение измерений.

*Пробоотбор.* Это наиболее трудоемкая и наименее точная операция газоаналитического контроля. Более 90% суммарной погрешности измерений связаны с пробоотбором. По времени отбора проб способы пробоотбора разделяют на разовый мгновенный пробоотбор – РМП, разовый сорбционный пробоотбор – РСП, непрерывный пробоотбор – НП и непрерывный сорбционный пробоотбор (НСП). В промышленном газоаналитическом контроле НСП обеспечивает отбор наиболее представительных проб и требуемую чувствительность определения анализируемых веществ. НСП позволяет автоматизировать анализ и сделать его непрерывным. НСП – это процесс непрерывного концентрирования примесей определяемого вещества (АВ) из контролируемой газовой смеси на селективном преимущественно твердом сорбенте. НСП, осуществляемый за счет диффузии молекул АВ из контролируемой среды в слой сорбента под действием градиента его концентрации в среде и сорбенте, назван пассивным сорбционным пробоотбором (ПСП). НСП постоянного контролируемого газового потока, проходящего через слой сорбента, назван активным сорбционным пробоотбором (АСП) [1, 2]. Пробоотбор должен обеспечивать достоверное определение случайно появившихся примесей анализируемых веществ в контролируемом объекте и представительность отобранных проб за цикл анализа. Цикл пробоотбора должен быть выбран с учетом особенностей функционирования контролируемого объекта. Пробоотбор примесей газов с концентрацией менее 0,01% об. должен производиться динамическими методами. Для каждого объекта контроля должны быть выбраны значимые критерии пробоотбора, учитывающие его динамические характеристики. Пробоотборные устройства для НСП должны быть техническими средствами измерений с нормируемыми техническими и метрологическими характеристиками [1].

*Непрерывные хроматографические методы анализа ЗВ в воздухе.*  
 Для обеспечения надежного непрерывного определения примесей токсичных фторорорганических соединений и фтористого водорода в воздухе рабочих зон на Кирово-Чепецком химическом заводе еще 50 лет назад были созданы хроматографические методы и системы анализа типа «искусственный нос» (электронный нос), основанные, как и системы обоняния человека и животных, на непрерывной сорбции микроколичеств анализируемых токсичных веществ из контролируемого потока воздуха, разделении (идентификации) сконцентрированных примесей и детектировании (индикации) их, когда концентрация этих веществ превышает порог чувствительности системы. Разработанные методы были названы непрерывными хроматографическими методами анализа НХМА [2]. Способы непрерывного автоматического и автоматизированного хроматографического анализа примесей ЗВ в газах иллюстрируются на рис. 1, 2, 3 и 4.

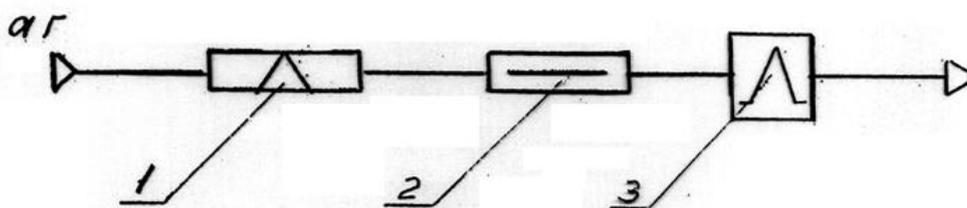


Рис. 1. Способ одноканального хроматографического анализа ЗВ в воздухе  
 Обозначения: 1 – адсорбционная колонка; 2 – хроматографическая колонка; 3 – детектор; аг – анализируемый газ.

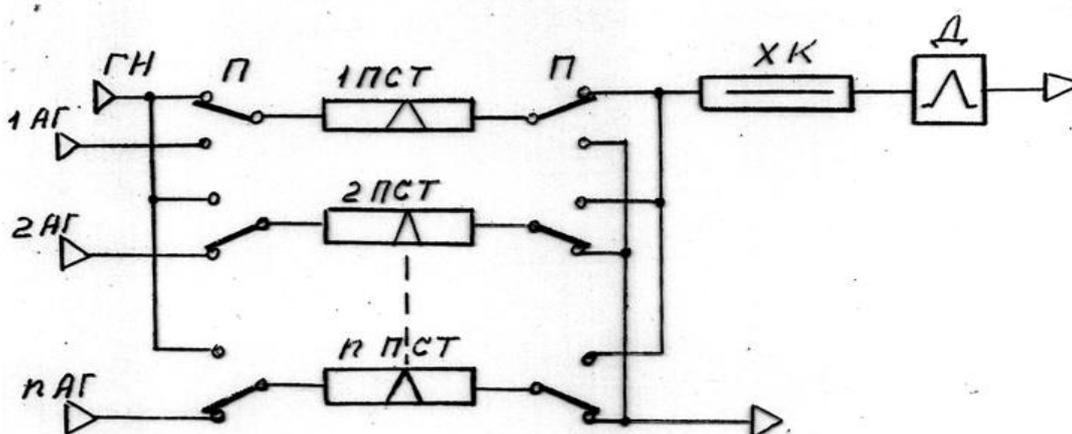


Рис. 2. Способ многоканального хроматографического анализа ЗВ в воздухе  
 Обозначения: 1 аг-п аг – каналы отбора проб; ГН – газ носитель; п – преключатель точек отбора проб; 1пст- п пст – пробоотборные сорбционные трубки; ХК – хроматографическая колонка; Д – детектор.

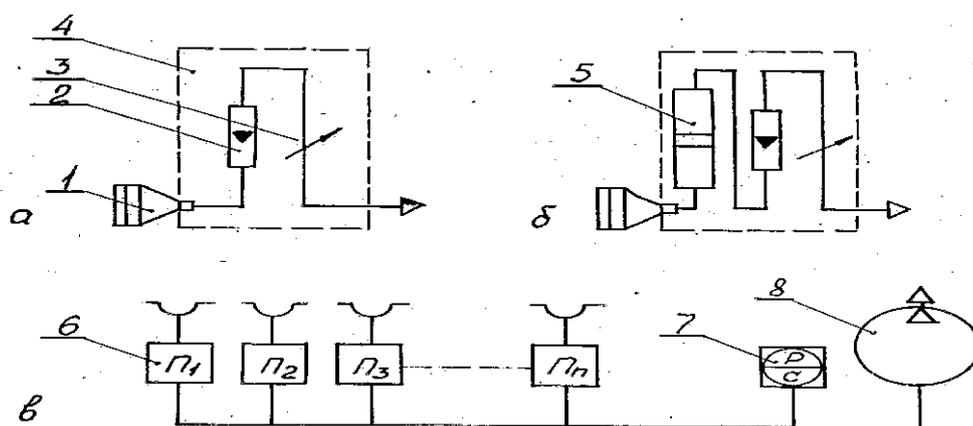


Рис. 3. Автоматизированный анализ ЗВ в воздухе

Обозначения: а – АПВ-1, б – АПВ-2, в – схема включения пробоотборников воздуха АПВ, 1 – пробоотборный фильтр аэрозолей; 2 – ротаметр; 3 – регулирующий дроссель; 4 – пробоотборная воронка; 5 – пробоотборная сорбционная трубка; 6 – пробоотборные панели; 7 – вакуумметр регистрирующий; 8 – вакуумный насос.

Автоматизированный анализ среднесменных проб воздуха рабочих зон и среднесуточных проб атмосферного воздуха в жилых зонах производился с помощью автоматизированных пробоотборников воздуха АПВ и автоматизированных пробоотборных устройств АПУ.

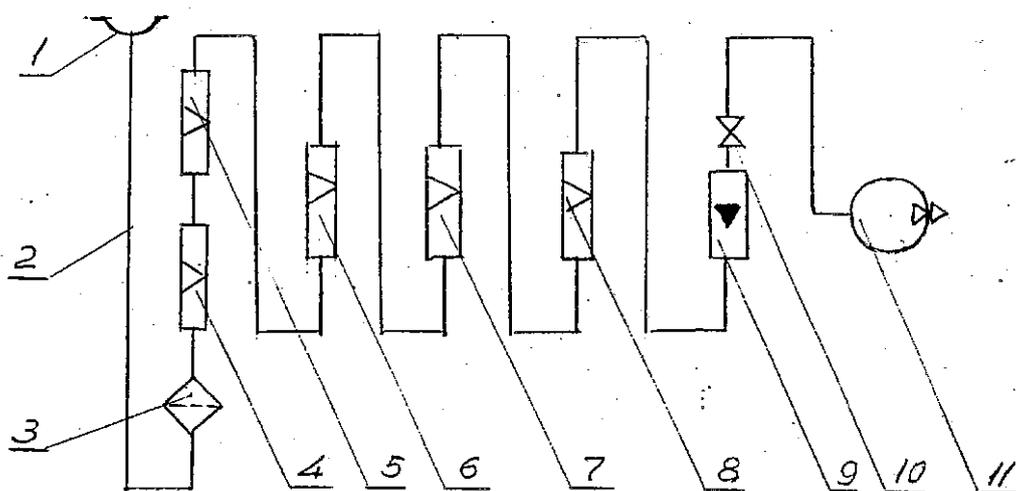


Рис. 4. Схема автоматизированного пробоотборного устройства АПУ для НСП среднесуточных проб атмосферного воздуха в жилых зонах

Обозначения: 1 – воздухозаборник; 2 – пробоотборная линия; 3 – фильтр аэрозолей; 4 – трубка сорбционная катионов; 5 – трубка сорбционная анионов; 6, 7, 8 – трубки сорбционные газов; 9 – ротаметр; 10 – регулирующий дроссель; 11 – вакуумный насос.

Способы анализа, реализованные в приборах, основанных на НХМА, корректны, потому что проверка их работы и градуировка – производятся динамическими методами в условиях, соответствующих рабочим. Для метрологического обеспечения измерений были разработаны и применены стандарт-

ные образцы микропотоков газов, паров и аэрозолей и способы непрерывного динамического приготовления поверочных газовых смесей (ПГС) путем смешивания газовых потоков, диффузионного дозирования и экспоненциально-сорбционного разбавления анализируемых веществ. Наибольшее применение получили диффузионные дозаторы – фторопластовые стабильные источники микропотоков газов, паров и аэрозолей СИМГПА «Микрогаз» и фторопластовые динамические установки «МИКРОГАЗ-ФМ» для непрерывного приготовления ПГС.

Непрерывный мониторинг загрязнения воздушной среды хроматографическими методами – основа безопасности жизнедеятельности людей. Он информативнее, достовернее и дешевле периодического лабораторного хроматографического анализа загрязнения воздуха и выбросных газов с отбором не представительных случайных разовых проб.

Только непрерывный хроматографический мониторинг загрязнения динамических объектов воздушной среды может обеспечить промышленную, экологическую, токсикологическую и энергетическую безопасность людей на производстве и в быту.

Для широкого внедрения в практику НХМЗВ и технических средств измерений на их основе необходимы новые нормативные документы, регламентирующие их применение.

#### **Литература**

1. Баскин З. Л. Промышленный аналитический контроль. Хроматографические методы анализа фтора и его соединений. М.: Энергоатомиздат, 2008. 244 с.
2. Баскин З. Л. Непрерывные хроматографические методы анализа. Киров: Научное изд-во ВятГУ, 2017. 230 с.
3. Баскин З. Л. Непрерывный хроматографический мониторинг загрязнения воздуха и выбросов. Киров: Научное изд-во ВятГУ, 2018. 200 с.

## СЕКЦИЯ 3 ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

### ОБ ЭКОЛОГИИ ПЕДОГЕНЕЗА И СВОЙСТВАХ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА»

*А. Н. Винокуров, М. А. Кельдышев, И. А. Вартан, А. М. Прокашев*  
*Вятский государственный университет, amprokashv@gmail.com*

В работе представлены некоторые данные о почвах – одном из наименее изученных компонентов природы ГПЗ «Былина». Цель работы – изучение свойств подзолистых почв на суглинистых породах. При проведении исследований применялись общепринятые методы анализа.

Заказник «Былина» располагается на северо-западе Кировской области на территории Подосиновского и Опаринского районов вдоль границы с Вологодской областью и имеет площадь 48151 га.

Данная особо охраняемая природная территория (ООПТ) расположена в пределах Северодвинской низменности, занятой междуречьем Пушмы и верхней Моломы с пологими, местами покатыми склонами. В целом, на территории ГПЗ можно выделить три генетических типа рельефа: аккумулятивно-денудационные ледниковые, водно-ледниковые и аллювиально-озёрные равнины. В формировании поверхности наряду с эндогенными принимали участие экзогенные рельефообразующие процессы флювио-гляциального характера. Они связаны со временем проявления среднеплейстоценового – московского (155–140 тыс. лет назад) – и более ранних ледниковых и межледниковых этапов геологической истории. Их продуктами перекрыты коренные породы триаса в виде плаща моренных и покровных суглинков, а также водно-ледниковых песчано-супесчаных и, местами, озерно-ледниковых слоистых песчано-глинистых наносов различной мощности – от нескольких до многих десятков метров. Суглинистые отложения тяготеют к более приподнятым, а опесчаненные – к пониженным элементам рельефа. Этим во многом определяются особенности пространственного распределения различных типов почв, принадлежащих к автоморфному, полугидроморфному и гидроморфному рядам.

Климат данной части области характеризуется следующими показателями: сумма активных температур составляет 1500–1600 °С; количество осадков за год – 600–700 мм; коэффициент увлажнения по Н. Н. Иванову равен 1,3–1,35. Это определяет промывной тип водного режима в автономных позициях и водозастойно-промывной и водозастойный в – подчиненных. На территории заказника ведущая роль принадлежит типам почв, формирую-

щимся при ведущей роли элювиальных процессов в сочетании с различными формами оглеения. Биогенно-аккумулятивные процессы играют явно подчиненную роль и часто представлены подстилкообразованием или торфообразованием.

Современный растительный покров заказника отражает, во-первых, зональные особенности ельниковых формаций заболоченного варианта средне-таежных лесов, а, во-вторых, последствия предшествующей широкомасштабной эксплуатации территории в лесохозяйственных и, отчасти, в сельскохозяйственных целях. Первичные темнохвойные леса сохранились лишь в нескольких кварталах в бассейне речки Щечуг. Остальная лесопокрытая площадь заказника представляет собой переходные послерубочные сукцессии различного возраста с неодинаковым соотношением мелколиственных, светлохвойных и темнохвойных пород в древесном ярусе. На начальных стадиях лесовозобновления доминируют сообщества с участием березы, осины, реже ольхи, древовидной ивы из мелколиственных, и сосны из светлохвойных пород. На более поздних стадиях ведущими становятся темнохвойные пихтово-еловые леса с заметной долей сосны, березы и осины во втором или первом древесном ярусах. По мере взросления древесных формаций наблюдается ослабление признаков гидроморфизма. В местах со стабильным переувлажнением сохраняется господство верховых или переходных болот.

В силу биоклиматических и геолого-геоморфологических условий на междуречьях формируются в основном подзолистые, глее-подзолистые, торфяно-подзолистые, торфяные олиготрофные, реже мезотрофные почвы и подзолы на соответствующих материнских породах – моренных валунных суглинках московского оледенения, покровных суглинках средне-позднечетвертичного времени, водно-ледниковых наносах микулинского межледниковья. Встречаются также почвы, принадлежащие к разряду почв на двучленных породах. В настоящем сообщении основное внимание уделено подзолистым почвам как зональным представителям почв средней тайги, формирующимся на суглинисто-глинистых субстратах – моренных и покровных суглинках. Эти почвы недостаточно изучены [1–4]. Характерным является широкое представительство в их составе глееватого подтипа, что отвечает комплексу абиогенных факторов педогенеза и, в частности, доминированию промывного водного режима в сочетании с водозастойным.

Морфолого-генетический анализ свидетельствует о близости облика подзолистых почв ГПЗ, формирующихся на моренных и покровных суглинках. Исследуемые почвы имеют следующее строение профиля: O + (AY) + EL + BEL + BT + C (табл. 1). Особенностью этого типа почв является отсутствие или слабое развитие гумусового горизонта (0–5 см) при значительной мощности элювиальной толщи профиля, что отвечает зональной обстановке района работ.

**Морфология подзолистых почв ГПЗ «Былина»**

Горизонты (см)	Морфология горизонтов
1	2
Разрез ЗБ3 // П2гсМ: Мелкоподзолистая глееватая легкосуглинистая почва на моренном суглинке	
О' (0–4)	Сырой, желто-бурый, рыхлый, слаборазложившийся опад из стеблей сфагновых мхов и черники, корней мало, переход ясный, ровный
О" (4–9)	Сырой, буровато-черный, рыхлый, сильно разложившийся опад из стеблей сфагновых мхов и кустарничков, корней больше по сравнению с гор. О', переход ясный, ровный
EL (9–19) + BELg (19–29)	Сырой, буровато-белесый, легкосуглинистый, мелкокомковатый, слегка вязкий, рыхлый на поверхности горизонта наблюдаются слабо заметные оливковые налеты гидроксидов закисного железа в верхней части горизонта до глубины 19 см и отчетливо заметные, ослабевающие с глубиной скопления белесоватой скелетаны, корней умеренное количество, много мелких, рыхлых черновато-буроватых мягких конкреций гидроксидов марганца и железа величиной около 1 мм, переход ясный, волнистый, языковатый
BT1g (29–60)	Сырой, близкий к мокрому (после дождей), бурый с белесоватыми пятнистыми скоплениями скелетаны, среднесуглинистый, зернисто-ореховатый, уплотненный, языковатые затеки скелетаны до глубины 60 см, местами отмечаются оливковые примазки закисного железа, изредка встречаются пятнистые черновато-бурые рыхлые стяжения гидроксидов железа и марганца размером 1–2 мм, корней мало, переход ясный, близкий к постепенному
BT2g (60–93)	Сырой, буро-коричневый, тяжелосуглинистый, зернисто-ореховатый, с фрагментами мелкокомковатой структуры, плотный, наблюдаются сизоватые и оливковые примазки гидроксидов закисного железа, корни редкие, переход постепенный
Разрез ЗБ149 // ПЗсП: Неглубокоподзолистая легкосуглинистая почва на покровном бескарбонатном суглинке	
О/АУ (0–4)	Влажный, черновато-бурый среднеразложившийся опад древесно-кустарниковой растительности, корней много, переход ясный, ровный
EL (4–34)	Влажный, белесый, в нижней части с буроватым оттенком, супесчаный, зернисто-пластинчатый, уплотненный, по всему горизонту, особенно в верхней части, много белесой скелетаны, частые черновато-буроватые рыхлые точечные стяжения гидроксидов железа и марганца до 1, реже 2 мм в поперечнике, корней мало, переход ясный, языковато-волнистый
BT1 (34–57)	Влажный, буро-коричневый, с белесоватыми пятнами, тяжелосуглинистый, зернисто-ореховатый, плотный, вдоль языков оподзоливания много белесой скелетаны, частые рыхлые буровато-черные стяжения гидроксидов железа и марганца, на поверхности агрегатов изредка встречаются глинистые кутаны, ориентированные в вертикальном направлении, корней мало, переход ясный, близкий к постепенному
BT2 (57–90)	Влажный, красновато-бурый, тяжелосуглинистый, зернисто-ореховатый, плотный, частые точечные рыхлые стяжения гидроксидов железа и марганца размером около 1 мм, на поверхности агрегатов слабо заметные глинистые кутаны, корни единичные, переход ясный

1	2
В2С (90–118)	Влажный, красновато-бурый, среднесуглинистый, крупноореховатый с признаками призматической структуры, плотный, наблюдаются черновато-буроватые стяжения гидроксидов железа и марганца, изредка встречаются слабовыраженные глинистые кутаны, корней нет
С (118–128)	Сырой, коричневатого-бурый, среднесуглинистый, плотный, без признаков явно выраженной структуры, тонкопористый, с частыми черновато-бурыми рыхлыми точечными стяжениями гидроксидов железа и марганца, корней нет

Для гранулометрического состава обоих разрядов почв характерны (табл. 2): во-первых, преобладание фракции крупной пыли (лессовидная фракция – 0,05–0,01 мм) и ила, как правило, в большинстве генетических горизонтов, особенно в почвах на покровных суглинках; во-вторых, повышенное количество песчаных фракций в почвах на моренных суглинках, при значительно меньшем их количестве в покровных суглинках; в третьих, резко неоднородное вертикальное распределение ила (<0,001 мм) и физической глины (<0,01 мм) в целом с минимумом в элювиальных горизонтах, вплоть до величин, соответствующих супесчаной разновидности. Приблизительные, нуждающиеся в дополнительных данных, расчеты обезыливания профилей относительно материнских пород составили более 50% у почв на моренных и более 90% у почв на покровных суглинках. В целом, исследуемые подзолистые почвы на обеих группах материнских пород характеризуются преимущественно легкосуглинистым составом верхних минеральных (или органоминеральных) горизонтов и более тяжелым, преимущественно средне- и тяжелосуглинистым составом срединных горизонтов ВТ.

Таблица 2

### Гранулометрический состав подзолистых почв ГПЗ «Былина»

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций мелкозема в мм, %							Вынос/накопление ила, %
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Разрез ЗБЗ // П2глМ: Мелкоподзолистая глееватая легкосуглинистая почва на моренном суглинке									
О'	0–4	–	–	–	–	–	–	–	–
О"	4–9	–	–	–	–	–	–	–	–
EL+BELg	9–29	20,8	10,1	41,0	6,7	11,3	10,1	28,1	–55
BT1g	29–60	26,3	15,5	22,1	5,6	7,2	23,3	36,1	+4
BT2g	60–93	26,4	22,5	17,0	4,2	10,2	19,3	33,7	–14
B2Cg	93–113	14,8	23,7	19,6	10,8	8,6	22,4	41,8	0
Разрез ЗБ149 // ПЗлП: Неглубокоподзолистая супесчаная почва на покровном бескарбонатном суглинке									
О/AY	0–4	–	–	–	–	–	–	–	–
EL	4–34	1,9	6,7	71,7	10,1	7,3	2,2	19,6	–91
BT1	34–57	1,5	3,3	53,7	9,9	6,6	25,0	41,5	–3

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BT2	57–90	0,4	2,6	51,7	7,8	8,2	29,3	45,3	+14
B2C	90–118	0,5	4,4	55,1	5,5	10,2	24,2	39,9	–6
C	118–128	0,6	3,4	56,2	5,5	8,6	25,7	39,8	0

Данные, представленные в таблице 3, свидетельствуют о неблагоприятных свойствах подзолистых почв на моренных и покровных суглинках заказника. Судя по показателям обменной кислотности (рН КС1) верхние аккумулятивно-элювиальные толщи профилей характеризуются сильно кислой реакцией твердой фазы почв, которая сохраняется в данном интервале рН до нижней части срединных горизонтов BT. Реакция почвенного раствора преимущественно среднекислая, хотя в органо-аккумулятивных горизонтах O может смещаться как в более кислый, так и в менее кислый интервал. Потенциальная гидролитическая кислотность весьма контрастная, наибольшая – в органо-генных и органо-минеральных горизонтах, и постепенно снижается в нисходящем направлении. Напротив, верхние толщи профилей крайне бедны основаниями.

Показатели емкости катионного обмена (ЕКО) подзолистых почв коррелируют с распределением минерального и органического ила. Вследствие преимущественно легкосуглинистого состава и малогумусного состояния поглотительная способность верхних элювиальных (EL) и субэлювиальных (BEL) горизонтов этих почв исключительно низкая, хотя с глубиной приобретает средние и повышенные значения на уровне 10–25 Смол/1 кг почвы вслед за возрастанием содержания минерального ила. Степень насыщенности основаниями крайне низкая и лишь в нижней половине профиля и материнских породах возрастает до 80% и более.

Таблица 3

### Физико-химические свойства подзолистых почв ГПЗ «Былина»

Горизонт	Глубина, см	рН		Нг	S	ЕКО	V	ОВ
		H <sub>2</sub> O	КС1					
Разрез ЗБЗ // ПЗгМ: Неглубокоподзолистая глееватая легкосуглинистая почва на моренном валунном суглинке								
O'	0–4	4,9	4,0	н/о	4,9	н/о	н/о	н/о
O''	4–9	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
EL+BELg	9–29	5,1	4,2	7,2	0,6	7,8	8,0	0,61
BT1g	29–60	5,3	3,9	6,7	11,9	18,6	64,0	0,26
Разрез ЗБ149 // ПЗс: Неглубокоподзолистая супесчаная почва на покровном бескарбонатном суглинке								
O/AУ	0–4	3,9	2,8	162,8	2,3	165,1	1,4	43,00*
EL	4–34	5,6	3,9	4,7	2,3	7,0	32,7	0,41
BT1	34–57	5,3	3,7	7,7	13,0	20,7	62,8	0,43
BT2	57–90	5,7	4,0	5,6	16,9	22,5	75,1	0,41
B2C	90–118	6,2	4,2	3,7	21,7	25,4	85,5	0,39
C	118–128	6,3	4,3	3,2	21,7	24,9	87,3	0,39

Примечание: \* потеря при прокаливании.

Таким образом, судя по представленным предварительным материалам, подзолистые почвы заказника на рассмотренных суглинистых породах по своей морфологии и внутренним консервативным и актуальным свойствам близки, хотя и не идентичны между собой. Они вполне соответствуют зональным особенностям рассматриваемой территории в качестве маргинальных представителей, малопригодных для земледелия. Оптимальным является их постоянное нахождение в целинном состоянии при заказном режиме в целях выполнения данной ООПТ важных экосферных функций.

#### Литература

1. Прокашев А. М., Черезова И. А., Вартан И. А., Винокуров А. Н. О свойствах постагрогенных почв заказника «Былина» // *Advanced Science*. 2017. № 3. С. 40–52.
2. Прокашев А. М., Черезова И.А., Вартан И. А. Предварительные данные о почвах заказника «Былина» // *Историко-культурный образ территории Кировской области: Сб. статей / авт.-сост. Г. А. Русских, И. Ю. Алалыкина, М. А. Кельдышев*. Киров: Изд-во МЦИТО, 2017. С. 91–97.
3. Прокашев А. М., Матушкин А. С., Вартан И. А., Кельдышев М. А. Экология педогенеза и состав почв государственного природного заказника «Былина» // *Почвы России: вчера, сегодня, завтра: сборник статей по материалам Всерос. с междунар. участием науч. конф., посвящ. Году экологии и 90-летию со дня рождения проф. В. В. Тюлина (5 октября 2017 г.) /отв. за вып. А. М. Прокашев*. Киров: Изд-во ВятГУ, 2017. С. 167–177.
4. Прокашев А. М., Вартан И. А., Матушкин А. С., Пупышева С.А., Винокуров А. Н. Подзолы и дерново-подзолы государственного природного заказника «Былина» // *Почвы России: вчера, сегодня, завтра: Сб. статей по материалам Всерос. с междунар. участием науч. конф., посвящ. Году экологии и 90-летию со дня рождения проф. В. В. Тюлина (5 октября 2017 г.) /отв. за вып. А. М. Прокашев*. Киров : Изд-во ВятГУ, 2017. С. 177–185.

### ПОЧВЫ ПУГОВЫХ ХОЛМОВ ПАЛЕОЛЕДНИКОВОЙ ЗОНЫ ВЯТСКО-КАМСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

*У. А. Стародумова, И. А. Вартан, А. М. Прокашев, А. А. Крысов*  
*Вятский государственный университет, ia\_vartan@vyatsu.ru*

Пуги («дресвяные горы»), распространенные в восточной части Русской равнины, представляют собой многочисленные холмы и гряды округлой или вытянутой формы, верхние части которых обычно сложены гравийно-галечными отложениями. Данные формы рельефа встречаются в пределах Вятского Прикамья, а также в бассейне р. Камы, в районе Марийского и Нижегородского Заволжья и на северо-востоке Приволжской возвышенности [1]. Расположенные преимущественно на водоразделах, пуги являются самыми высокими участками междуречий [2].

Пуговые холмы, имея небольшую относительную высоту, возвышаются над водоразделами на 10–25 м. Вершины пуг имеют округлую или овальную форму. В асимметричном строении пуговых холмов прослеживаются некоторые черты сходства [3] – это вытянутые в направлении водораздельной линии

гряды с сильнопокатыми склонами (до 15°), сочетающиеся с более пологими поверхностями. Данные образования могут иметь площадь от 1 до 5 км<sup>2</sup>.

Пуги чаще всего сложены песчано-гравийно-галечными рыхлыми наносами, реже – мореноподобными валунно-суглинистыми отложениями [3]. Для сложения обломочных толщ характерна слоистость: слои песчаной размерности чередуются со слоями гравийно-галечных конгломератов [4]. Поверхность пуг часто бывает нарушена карьерными разработками, которые в некоторых случаях приводят к полному уничтожению пугового холма. Этим обусловлена актуальность исследований уникальных пуговых форм рельефа, которые, являясь не до конца изученными природными объектами, нарушаются или вовсе перестают существовать вследствие хозяйственной деятельности человека.

В настоящем сообщении представлены первые результаты исследования почвенного покрова пугового холма в окрестностях с. Пасегово Кирово-Чепецкого района Кировской области. Его площадь составляет около 4,3 км<sup>2</sup>, абсолютная высота – 203,6 м. Пуговое урочище имеет асимметричное строение: на вершине расположена слабонаклонная поверхность, северо-восточные и юго-восточные склоны являются наиболее длинными и пологими. Юго-восточные склоны плавно переходят в водораздел. Большая часть геосистем представленного пугового холма трансформирована техногенезом – карьерной разработкой песчано-гравийных материалов в привершинной части урочища на площади 147 м<sup>2</sup> и земледельческим освоением значительной доли склонов и подошвы холма. Значительная часть площади распаханых в недавнем прошлом склонов ныне занята залежными лугами, подвергающимися постепенному облесению. Лишь на вершине сохранились условно коренные лесные хвойные формации.

Почвы пугового холма, развитые на песчано-гравийных отложениях, имеют ряд отличий от зональных дерново-подзолистых почв и характеризуются преимущественно песчаным и супесчаным гранулометрическим составом (табл. 1), в котором преобладают различные фракции песка с незначительным содержанием фракций крупной и средней пыли. На долю илистой фракции приходится менее 10%. Эти данные свидетельствуют о высокой влаго- и воздухопроницаемости почв, а также о малой водоудерживающей способности.

Таблица 1

**Гранулометрический состав почв пугового холма в окр. с. Пасегово**

Горизонт, глубина образца, см	Содержание фракций в мм, %					
	1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	<0,001
1	2	3	4	5	6	7
<i>PP-405</i>						
AY (5-10)	57,7	23,5	14,9	1,0	2,1	0,8
BE (30-40)	59,6	24,3	11,9	1,1	2,4	0,5
B <sub>2</sub> (70-80)	72,1	22,3	4,9	0,3	0,0	0,3

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
<i>PP-406</i>						
AY (10-20)	65,7	13,3	16,3	1,6	2,2	0,8
BE (50-60)	64,2	29,2	3,5	0,5	1,9	0,6
B <sub>1</sub> (70-80)	73,9	22,7	3,0	0,3	0,0	0,0
B <sub>2</sub> (90-100)	67,3	17,2	6,4	0,4	1,8	6,8
<i>PP-410</i>						
AY (2-11)	59,9	17,8	10,3	3,6	2,6	5,7
BE (20-30)	58,6	19,8	11,9	1,8	4,5	3,3
B <sub>1</sub> (50-60)	59,0	19,5	12,2	2,7	2,2	4,2
<i>PP-413</i>						
AY (5-12)	45,7	14,9	15,1	6,1	9,0	9,1
BE (20-30)	35,8	23,4	22,1	4,7	7,9	5,9
B <sub>1</sub> (55-65)	0,4	11,4	62,9	7,3	11,1	6,8

Представленные почвы мало обеспечены органическим веществом (ОВ) – в верхних горизонтах 0,35–0,29%. При движении к нижележащим горизонтам содержание ОВ резко снижается и в некоторых случаях достигает нуля, что указывает на отсутствие иллювиальной аккумуляции органических веществ (табл. 2) ввиду ограниченной сорбционной способности преобладающих в грубо- и среднеобломочной минеральной фазе первичных минералов преимущественно кварцевого состава.

Значения рН солевой вытяжки находятся в числовом диапазоне, соответствующем показателям очень кислой (3,8–4,0) и сильнокислой (4,0–4,5) среды. Высокая кислотность присуща всем рассмотренным разрезам данной пуги без существенных изменений по горизонтам профиля.

Таблица 2

### Агрохимические свойства почв пугового холма в окр. с. Пасегово

Горизонт, глубина образца, см	Показатели							
	рН		Нг	S	ЕКО	V	ОВ	Al
	H <sub>2</sub> O	KCl	Смоль (экв)/кг			%		мг/кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>PP-405</i>								
AY (5-10)	5,3	3,9	0,5	6,9	7,4	93,0	0,32	0,9
BE (30-40)	5,5	4,2	0,4	6,7	7,1	94,4	0,14	0,7
B <sub>2</sub> (70-80)	5,4	4,2	0,4	6,6	7,0	94,4	0,00	0,9
<i>PP-406</i>								
AY (10-20)	5,3	4,1	0,6	7,0	7,6	91,7	0,33	1,2
BE (50-60)	5,3	4,2	0,4	7,0	7,4	93,7	0,05	1,1
B <sub>1</sub> (70-80)	5,5	4,2	0,4	7,2	7,6	94,6	0,01	1,5
B <sub>2</sub> (90-100)	5,5	4,0	0,4	7,4	7,8	93,9	0,00	1,3
<i>PP-410</i>								
AY (2-11)	5,0	3,9	0,6	7,5	8,1	90,9	0,35	1,3
BE (20-30)	5,2	4,2	0,3	7,2	7,5	94,6	0,05	1,0
B <sub>1</sub> (50-60)	5,4	4,0	0,3	7,3	7,6	94,6	0,05	1,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>PP-413</i>								
AY (5-12)	5,6	3,9	0,6	7,7	8,3	91,5	0,29	1,2
BE (20-30)	5,8	3,9	0,5	7,6	8,1	92,9	0,08	1,3
B1 (55-65)	5,9	3,8	0,5	8,3	8,8	93,0	0,07	1,2

Гидролитическая кислотность данных почв довольно низкая ввиду бедного состава гумусового вещества. В распределении гидролитической кислотности по горизонтам наблюдается максимум значений как в верхней, так и в нижней части профиля.

Сумма обменных оснований также мала и имеет значения от 8 до 10 смоль/кг почвы. Низкая емкость катионного обмена обусловливается, во-первых, песчаным и супесчаным гранулометрическим составом, во-вторых, бедностью органическим веществом. Степень насыщенности основаниями имеет высокие значения (выше 90%) на всей протяженности профиля.

Таким образом, на основании предварительных результатов исследования почв пуговых холмов можно говорить об их своеобразии. Данные почвы отличаются легким гранулометрическим составом, а также крайне низкой гумусообеспеченностью и более кислой реакцией минеральной фазы в сравнении с местными зональными дерново-подзолистыми почвами. Различные мелиоративные мероприятия, имевшие место в прошлом, могут являться причиной нарушения вертикального распределения различных почвенных показателей.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке ВОО «Русское географическое общество»: проект «Пуговые холмы – ландшафтные памятники Вятского края» (договор № 12/2018-Р).*

#### Литература

1. Мильков Ф. Н. Среднее Поволжье. М.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 261.
2. Ландшафтная структура и почвенный покров пугового урочища Вострово / И. А. Варган и др. // Почвы России: вчера, сегодня, завтра: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Киров, 2017. С. 37–43.
3. Структура пуговых ландшафтов Вятско-Камского Предуралья / И. А. Варган и др. // Экология родного края: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Киров, 2016. С. 82–86.
4. Пуговые почвы Вятского Прикамья с реликтовым гумусовым горизонтом / А. М. Прокашев и др. // Прошлое, современное состояние и прогноз развития географических систем: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Киров, 2014. С. 154–158.

## К ВОПРОСУ О СОДЕРЖАНИИ СВИНЦА, ЦИНКА, МЕДИ И НИКЕЛЯ В СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

*А. Г. Горохова<sup>1</sup>, М. И. Андреева<sup>1</sup>, А. В. Бодров<sup>1</sup>, К. А. Дурягина<sup>2</sup>*  
<sup>1</sup> филиал ФБУ «ФУ БХУХО» (войсковая часть 21222),  
<sup>2</sup> филиал ФБУ «ФУ БХУХО» (войсковая часть 21225)

В последние десятилетия ведущим процессом, определяющим формирование эколого-геохимического состояния территории, стал техногенез. Интенсивное промышленное использование природных ресурсов вызвало существенные изменения распределения некоторых химических элементов в поверхностном слое зоны аэрации. Прежде всего это касается тяжелых металлов, накопление высоких концентраций которых в естественной среде связано с антропогенной деятельностью. Тяжелые металлы, как особая группа элементов, выделяются в связи с токсическим действием на живые организмы при их высоких концентрациях, значительно превышающих фоновые величины. Выбросы и сбросы техногенных объектов с высоким содержанием тяжелых металлов аккумулируются в почвах, которые в значительной степени подвержены влиянию, обусловленному промышленной деятельностью человека [1–4]. Содержание в почве тяжелых металлов является очень динамичным показателем в связи с тем, что, во-первых, эти элементы постоянно поступают в окружающую среду с выбросами экологически опасных промышленных объектов и в результате хозяйственного использования земель, а, во-вторых, активно вовлекаются в биогеохимические циклы, изменяющие их содержание, формы нахождения, подвижность и биологическую доступность для живых организмов. Для того, чтобы объективно оценивать вероятный риск негативного воздействия тяжелых металлов на окружающую среду и человека, необходимо знать фоновые концентрации тяжелых металлов в почвах [5]. Данный показатель является базовым при осуществлении мониторинга, поскольку объективность фоновых концентраций является определяющим фактором надежной оценки экологической обстановки и ее изменения под влиянием хозяйственной деятельности человека [6, 7]. Кроме того, актуальным представляется изучение факторов, определяющих наблюдаемые фоновые концентрации и диапазоны их вариабельности в пределах региона и отдельных почвенных разновидностей серых лесных почв. Немаловажным аспектом данной проблемы является и то, что вступление России в Всемирную торговую организацию предполагает ужесточение требований к сельскохозяйственной продукции и к угодьям, на которых она возделывается: результаты изучения фоновых концентраций загрязняющих веществ, в том числе и тяжелых металлов, учитываются при проведении сертификации технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Сведения о фоновых концентрациях тяжелых металлов в почвах, находящихся под лесной растительностью, довольно ограничены. В связи с этим, целью данной работы было изучение фоновых концентраций свинца, никеля,

меди и цинка в различных разновидностях серых лесных почв Пензенской области. Исследования предполагали достаточное количество точек пробоотбора для каждой разновидности. В результате были установлены средние значения содержания тяжелых металлов в различных разновидностях незагрязненных серых лесных почв, находящихся под лесной растительностью.

Для определения массовых концентраций валовых форм тяжелых металлов использовался метод рентгенофлуоресцентной спектрометрии с волновой дисперсией. Принцип действия рентгенофлуоресцентного спектрометра основан на выделении характеристических линий флуоресцентного излучения исследуемого образца, возбуждаемого излучением острофокусной рентгеновской трубки, регистрации интенсивности этих линий и пересчета их в концентрации соответствующих элементов. Спецификой названного метода анализа является то, что он позволяет определять истинные валовые формы химических элементов. Определение осуществляли при помощи рентгенофлуоресцентного спектрометра Спектроскан-Макс GF1E [8].

Для определения кислоторастворимых форм тяжелых металлов использовался метод атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией при помощи спектрометра МГА-915МД [9]. Метод атомно-абсорбционной спектрометрии основан на измерении поглощения излучения резонансной длины атомным паром определяемого элемента, образующегося в результате атомизации раствора анализируемой пробы [10].

Для изучения фоновых концентраций металлов в различных разновидностях серых лесных почв отбор проб осуществлялся в лесном массиве в окрестностях станции Леонидовка Пензенского района, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Фоновые значения валовых концентраций некоторых тяжелых металлов в серых лесных почвах**

Элемент	Фоновая концентрация для всех почв (95% процентиль)	ПДК /ОДК (валовое содержание, мг/кг)	Валовое содержание элемента, мг/кг				
			темно-серая средне-мощная тяжело-суглинистая	серая лесная контактно-луговая легкосуглинистая, развитая на двухчленных наносах	светло-серая лесная супесчаная, средне-мощная	светло-серая лесная супесчаная, мало-мощная	болотная торфянисто-глеевая мало-мощная
1	2	3	4	5	6	7	8
Свинец	48	32/32*, 65**, 130***	менее 25	менее 25	29	38	53
Цинк	61	-/55*, 110**, 220***	66	64	80	63	51
Медь	26	-/33*, 66**, 132***	50	51	19	21	58

1	2	3	4	5	6	7	8
Никель	10	-/20*,40**, 80**	32	32	11	менее 10	менее 10

*Примечание:* \*песчаные и супесчаные почвы; \*\*кислые (суглинистые и глинистые) почвы рН <5,5; \*\*\*близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) рН >5,5.

В результате изучения среднего фонового содержания тяжелых металлов в различных разновидностях серых лесных почв установлена сильная вариабельность названного показателя для почвенного покрова района исследований. Максимальные фоновые концентрации свинца и меди отмечены для болотной торфянисто-глеевой маломощной почвы, что, вероятно, связано с фиксацией металлов в виде нерастворимых соединений, образующихся в анаэробных восстановительных условиях, характерных для данной почвы. Содержание свинца во всех разновидностях, за исключением вышеназванной болотной торфянисто-глеевой, было ниже, чем в целом в серых лесных почвах. Повышенное фоновое содержание цинка оказалось характерным для светло-серой лесной супесчаной среднесиловой почвы, тогда как остальные разновидности содержали названный элемент на среднем для района исследований уровне. Двухкратное превышение содержания меди в сравнении со средним фоновым отмечено для темно-серой среднесиловой тяжелосуглинистой, серой лесной контактно-луговой легкосуглинистой, развитой на двухчленных наносах, и болотной торфянисто-глеевой маломощной почвы. Фоновые концентрации никеля также сильно отличались для изученных разновидностей: минимум отмечен для светло-серой лесной супесчаной маломощной и болотной торфянисто-глеевой маломощной почв; содержание на уровне среднего по району фона – для светло-серой лесной супесчаной среднесиловой почвы; трехкратное превышение среднего содержания никеля в серых лесных почвах – для темно-серой среднесиловой тяжелосуглинистой и серой лесной контактно-луговой легкосуглинистой почвы, развитой на двухчленных наносах.

Изучение фонового содержания кислоторастворимых форм показало, что в сравнении с данным показателем для валовых форм, оно характеризуется меньшей вариабельностью (табл. 2). Максимальное содержание кислоторастворимых форм свинца, цинка, меди и никеля отмечено в темно-серой среднесиловой тяжелосуглинистой почве. Данные результаты объясняются тем, что при проведении экстракции металлов из почв некоторая их часть, прочно фиксированная почвенным скелетом, остается в матрице образца. Тогда как в случае определения валовых содержаний методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии, в формировании аналитического сигнала участвуют все без исключения формы металлов. Высокие концентрации кислоторастворимых форм тяжелых металлов в гумусированной темно-серой лесной почве обу-

словлены увеличением доли металлов, связанных с органическим веществом, легко экстрагируемых кислотой.

Таблица 2

**Фоновые значения содержания кислоторастворимых форм некоторых тяжелых металлов в серых лесных почвах**

Элемент	Содержание кислоторастворимых форм, мг/кг				
	темно-серая средне-мощная тяжелосуглинистая	серая лесная контактно-луговая легкосуглинистая, развита на двухчленных наносах	светло-серая лесная супесчаная, среднемощная	светло-серая лесная супесчаная, маломощная	болотная торфянисто-глеевая маломощная
Свинец	1,77	1,34	1,54	1,19	1,51
Цинк	18,89	13,22	9,92	5,68	8,87
Медь	7,38	2,89	2,08	2,74	2,84
Никель	8,50	1,09	1,35	1,05	1,89

Изучение корреляционной зависимости между содержанием валовых и кислоторастворимых форм тяжелых металлов показало, что наблюдается положительная корреляция названных показателей для меди и никеля (коэффициенты корреляции 0,810 и 0,961 соответственно при  $p=0,05$ ). Для свинца и цинка достоверной связи не установлено.

Одним из самых важных и неоднозначных вопросов оценки экологического состояния почв является проблема нормирования содержания в них тяжелых металлов [1, 11]. В нашей стране данную оценку проводят с использованием таких нормативов как предельно допустимые (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК), которые устанавливаются гигиеническими нормативами ГН 2.1.7.2041-06 и ГН 2.1.7.2511-09 соответственно [12, 13]. ПДК разрабатываются на основе комплексных экспериментальных исследований опасности опосредованного воздействия загрязнителя почвы на здоровье человека, а также с учетом его токсичности, эпидемиологических исследований и международного опыта нормирования. ОДК устанавливается на основании расчетного метода, в основу которого заложена безопасность продуктов питания, так как опыт нормирования показал, что в подавляющем большинстве случаев лимитирующим показателем является транслокация (переход загрязнителя из почвы в растение). ОДК устанавливается на три года, после чего они должны пересматриваться или заменяться экспериментально обоснованной ПДК. ОДК тяжелых металлов зависит от гранулометрического состава и рН солевой вытяжки почвы (табл. 1). ПДК валового содержания свинца в почвах составляет 32 мг/кг (для иных элементов ПДК рассчитаны только для подвижных форм). Как показали результаты исследований, ПДК и ОДК не всегда являются наиболее объективными критериями (табл. 1). Так, среднее фоновое содержание свинца в незагрязненных почвах района исследований составило 48 мг/кг (1,5 ПДК), более того, для болотной торфянисто-глеевой маломощной почвы этот показатель составил

53 мг/кг (1,7 ПДК). В отношении ОДК также зафиксированы превышения допустимой концентрации свинца и цинка.

Таким образом, учитывая зафиксированные превышения нормативов ПДК и ОДК для незагрязненных почв и высокую вариабельность наблюдаемых фоновых концентраций в пределах подтипа почв, можно отметить, что необходимо проявлять определенную осторожность в процессе интерпретации полученных в результате мониторинга данных. Кроме того, как показали результаты наших исследований, для получения надежных данных о динамике эколого-гигиенического состояния почв следует проводить детальное изучение фоновых содержаний тяжелых металлов для систематических единиц почв низкого ранга.

Разновидности серых лесных почв отличаются друг от друга по содержанию изученных химических элементов. Максимальные валовые концентрации свинца и меди характерны для болотной торфянисто-глеевой мало-мощной, цинка – для светло-серой лесной супесчаной, среднemosной, никеля – для темно-серой среднemosной тяжелосуглинистой почвы. Максимальные концентрации кислоторастворимых форм тяжелых металлов отмечены для темно-серой среднemosной тяжелосуглинистой почвы. Установленные значения фоновых концентраций и их вариабельность могут быть использованы как исходные значения при осуществлении контроля загрязнения почв свинцом, цинком, медью и никелем. Кроме того, при изучении динамики контроля загрязнения почв необходимо учитывать, что для разных сочетаний металл – разновидность серой лесной почвы отмечаются различные типы распределения по почвенному профилю.

### Литература

1. Антонова, Ю. А. Тяжелые металлы в городских почвах / Ю. А. Антонова, М. А. Сафонова // *Фундаментальные исследования*. 2007. №11. С. 43–44.
2. Костенко, Е. А. Оценка содержания тяжелых металлов на территории агротехногенной зоны г. Ставрополя / Е. А. Костенко, И. О. Лысенко // *Научный журнал КубГАУ*. 2012. № 80(06). С. 1–10.
3. Осина, Д. Е. Пространственное распределение подвижных форм тяжелых металлов в почвах города Калуги / Д. Е. Осина // *Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки»*. 2012. № 4. С. 128–134.
4. Сердюкова, А. Ф. Последствия загрязнения почвы тяжелыми металлами / А. Ф. Сердюкова, Д. А. Барабанщиков // *Молодой ученый*. 2017. № 51. С. 131–135.
5. Габдуллин, В. М. Фоновые концентрации тяжелых металлов в поверхностном слое почв Удмуртии и основные факторы, влияющие на них / В. М. Габдуллин, В. И. Стурман // *Вестн. Удм. Ун-та*. 2004. № 8. С. 3–16.
6. Бычинский, В. А. Тяжелые металлы в зоне влияния промышленного города / В. А. Бычинский. Иркутск: Изд. Иркут. ун-та, 2008. 130 с.
7. Протасова, Н. А., Тяжелые металлы в почвах Усманского бора / Н. А. Протасова, А. Ю. Чарыкова // *Вестник ВГУ, Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2011. № 1. С. 117–126.
8. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М049-П/04. СПб.: ООО «НПО «Спектрон», 2004. 20 с.

9. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии. М-МВИ-80-2008. СПб.: ООО «Мониторинг», 2008. 36 с.

10. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. РД 52.18.191-89. М.: Гидрометеоздат, 1990. 41 с.

11. Иванов, А. И. Динамика содержания свинца, марганца и железа в почвах и поверхностных природных водах в ЗЗМ объекта уничтожения химического оружия / А. И. Иванов, Д. Ю. Ильин, А. А. Костычев // Мониторинг природных экосистем. Пенза, 2008. С. 68–73.

12. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7.2511-09. Утв. Главным санитарным врачом РФ 18.05.2009. Изд. офиц. М.: ИИЦ Минздрава России, 2009. 3 с.

13. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7.2041-06. Утв. Главным санитарным врачом РФ 19.01.2006. Изд. офиц. М.: ИИЦ Минздрава России, 2006. 15 с.

## **МЕДЬ В ПОЧВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ГОМЕЛЬЩИНЫ**

*А. Ф. Карпенко*

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»,  
г. Гомель, kaf51@list.ru*

Минеральные элементы, поступающие из различных источников, попадают в конечном итоге на поверхность почвы и их дальнейшая судьба зависит от ее химических и физических свойств. Растения являются промежуточным резервуаром, через который микроэлементы переходят из почв в организм человека и животных [1, 2].

Медь относится к одному из тяжелых металлов в почве. Ионы меди способны прочно удерживаться в обменных позициях, как на неорганических, так и на органических веществах. Медь является незаменимым элементом в жизни растений и животных. Несмотря на то, что в агрономической практике важное значение имеют растворимые, а следовательно, подвижные и доступные формы меди в почвах, при геохимических исследованиях основная доля получаемой информации – это валовые содержания меди в почвах. Распределение валовых содержаний меди в поверхностном слое почв различных стран колеблется в пределах 1 – 160 мг/кг сухой массы почвы [3]. В песчаных почвах и подзолах Европейской части бывшего СССР в пределах 1,5–29 мг/кг или в среднем 11 мг/кг сухой массы [4], в суглинистой и глинистой почве Томской области в пределах 1–21 мг/кг или в среднем 12 мг/кг [5], в черноземах соответственно 16–70 или 27,5 мг/кг [3, 4, 6].

Медь, сохраняющаяся в поверхностном слое, влияет на биологическую активность почвы и может поступать в растения в самых различных условиях. В вегетативных частях растений меди больше, чем в генеративных. На ее содержание влияет тип почвы, вид растений, стадия вегетации, внесение

медьсодержащих удобрений. В ряде работ сообщалось, что длительное использование неорганических фосфатных удобрений существенно повышает природный уровень меди и фосфора в почвах [2].

Цель работы – провести анализ результатов исследований почв на содержание меди в сельскохозяйственных районах Гомельской области.

В рамках Министерства сельского хозяйства и продовольствия в республике исследования агрохимических показателей почв проводят областные проектно-изыскательские станции химизации сельского хозяйства (ОПИСХ). Так, ежегодная работа Гомельской ОПИСХ направлена на обследование сельскохозяйственных земель ряда районов Гомельской области на содержание минеральных веществ в почве, в том числе меди.

Станцией в 2013 г. были выполнены исследования сельскохозяйственных земель шести районов Гомельской области и в 2017 г., через четыре года, в этих же районах проведено повторное почвенное обследование. На периодичности обследования и изучения агрохимических показателей строится многолетняя работа предприятия.

В течение этих лет специалистами отдела почвоведения проведено полевое агрохимическое обследование в Октябрьском, Мозырском, Лоевском, Буда-Кошелевском, Кормянском и Чечерском районах. Так, в 2013 г. в этих районах было обследовано 174,3 тыс. га, в 2017 г. – 187,2 тыс. га пахотных земель сельскохозяйственных угодий в 52 сельхозпредприятиях.

Как следует из показателей таблицы 1, по содержанию меди в дерново-подзолистой и торфяной почвах применяется четырехинтервальная градация показателей. Анализ результатов исследований свидетельствует, что если удельный вес площадей первого интервала (менее 1,5 мг/кг почвы) в 2013 г. составил 52,1% от всей площади обследованных площадей, то в 2017 г. он был ниже на 2,27%. Если проанализировать показатели четвертого интервала, с самой высокой концентрацией меди, то можно отметить, что удельный вес площадей здесь прирост на 0,98%, с 1,32 до 2,30%. Также отмечен прирост площадей на 0,05% во втором интервале и на 0,65% в третьем интервале. Из этого следует, что наблюдается увеличение количества площадей с более высоким содержанием в почве меди.

Таблица 1

**Агрохимическая характеристика пахотной почвы шести районов Гомельской области по содержанию меди**

Наименование района	Год обследования	Площадь, га	Содержание Cu, мг/кг почвы							
			менее 1,50х		1,51–3,00		3,01–5,00		более 5,01	
			менее 5,09хх		5,10–9,09		9,10–12,09		более 12,10	
1	2	3	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	23791	7502	31,5	12910	54,3	2800	11,8	579	2,4
	2017	27203	9490	34,9	14148	52,0	2508	9,2	1057	3,9
	+-	3412	1988	3,4	1238	-2,3	-292	-2,6	478	1,5
Мозырский	2013	21808	14916	68,4	5423	24,9	902	4,1	567	2,6
	2017	22864	13329	58,2	7745	33,9	998	4,4	792	3,5
	+-	1056	-1587	-10,2	2322	9,0	96	0,3	225	0,9

## Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лоевский	2013	23292	7301	31,3	13253	57,0	2405	10,3	333	1,4
	2017	23023	6168	26,8	13412	58,2	2987	13,0	456	2,0
	+ -	-269	-1133	-4,5	159	1,2	582	2,7	123	0,6
Буда-Кошелевский	2013	51919	26953	51,9	23111	44,5	1353	2,6	502	1,0
	2017	59756	26411	44,2	27833	46,6	3933	6,6	1579	2,6
	+ -	7837	-542	-7,7	4722	2,1	2580	4	1077	1,6
Кормянский	2013	30834	20660	67,0	9513	30,9	558	1,8	103	0,3
	2017	31667	22204	70,1	8858	28,0	349	1,1	256	0,8
	+ -	833	1544	3,1	-655	-2,9	-209	-0,7	153	0,5
Чечерский	2013	22639	14102	62,3	8237	36,4	255	1,1	45	0,2
	2017	22686	14675	64,7	7483	33,0	297	1,3	231	1,0
	+ -	47	573	2,4	-754	-3,4	42	0,2	186	0,8

*Примечание:* х – градация для минеральных почв, хх – градация для торфяных почв.

Если в 2013 г. 47,9% обследованных площадей имели удельную концентрацию меди более 1,51 мг/кг почвы, то по состоянию на 2017 г. – уже 50,2%.

При повторном определении средневзвешенное содержание меди в пахотной почве в целом по шести районам на 0,08 мг/кг было выше в сравнении с предыдущим обследованием данных почв (рис. 1). Исключение составляли лишь показатели в Октябрьском и Кормянском районах, где они были соответственно ниже на 0,06 и 0,02 мг/кг почвы. Колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 1,44–2,16 мг/кг, в 2017 г. – 1,42–2,17 мг/кг почвы.

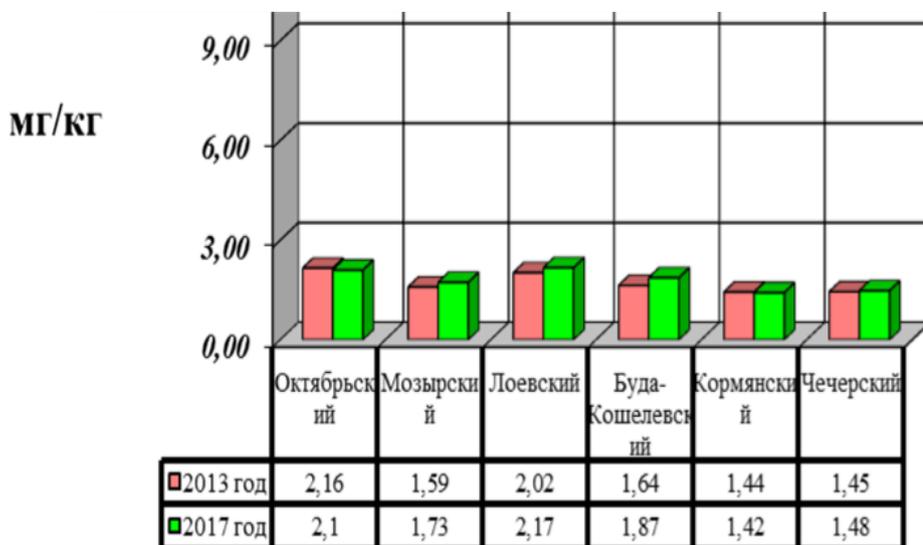


Рис. 1. Средневзвешенное содержание меди в пахотной почве обследованных районов в 2013 и 2017 гг.

Кроме пахотных почв одновременно обследованию подвергались и луговые почвы (табл. 2). С этой целью были отобраны пробы почвы луговых земель на площади 66,97 тыс. га в 2013 г. и 57,0 тыс. га в 2017 г. Распреде-

ние площадей по удельной концентрации в почве меди показало, что если в 2013 г. в первую группу их попало 45,8%, во вторую – 41,4%, третью группу – 9,7% и четвертую группу 3,1%, то в 2017 г. соответственно 39,1, 42,4, 13,1 и 5,4%. Из этого следует, что количество луговых почв с более высоким содержанием меди увеличилось. Если количество площадей в первой группе уменьшилось на 6,7%, то на такой же процент оно приросло во второй-четвертой группах. Во второй группе прирост составил 1,0%, в третьей группе – 3,4% и в четвертой группе – 2,3%. Количество площадей луговых земель с содержанием меди более 1,5 мг/кг почвы увеличилось с 54,2% до 60,9%.

Сравнение пахотных и луговых площадей по содержанию меди свидетельствует о том, что в первой группе луговых почв в 2017 г. находилось 39,1%, пахотных почв – 49,8% площадей. Из этого вытекает, что содержание меди в луговой почве выше, чем в пахотной. Такая же ситуация наблюдалась и при обследовании почв в 2013 г. Изменение средневзвешенных показателей содержания меди через четырехлетний период на почвах улучшенных луговых угодий приведено на рисунке 2. Так, только в Октябрьском районе данный показатель в 2017 г. был без изменений и на уровне 2,20 мг/кг почвы, в Мозырском районе выше на 0,25 мг/кг почвы, в Лоевском – на 0,23 мг/кг почвы, в Буда-Кошелёвском – на 0,37 мг/кг почвы, в Кормянском – на 0,33 мг/кг почвы и в Чечерском районе – на 0,28 мг/кг почвы.

Таблица 2

**Агрохимическая характеристика луговой почвы шести районов  
Гомельской области по содержанию меди**

Наименование района	Год обследования	Площадь, га	Содержание Cu, мг/кг почвы							
			менее 1,50х		1,51–3,00		3,01–5,00		более 5,01	
			менее 5,09хх		5,10–9,09		9,10–12,09		более 12,10	
			га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	12896	4093	31,7	6951	53,9	1349	10,5	503	3,9
	2017	10574	3719	35,2	5175	48,9	1056	10,0	624	5,9
	+ -	-2322	-374	3,5	-1776	-5	-293	-0,5	121	2
Мозырский	2013	7770	4429	57,0	2509	32,3	581	7,5	251	3,2
	2017	7990	3430	42,9	3189	39,9	1020	12,8	351	4,4
	+ -	220	-999	-14,1	680	7,6	439	5,3	100	1,2
Лоевский	2013	8263	2910	35,2	3878	46,9	1138	13,8	337	4,1
	2017	9085	2280	25,1	4845	53,3	1573	17,3	387	4,3
	+ -	822	-630	-10,1	967	6,4	435	3,5	50	0,2
Буда-Кошелёвский	2013	24205	9351	38,6	10395	42,9	3354	13,9	1105	4,6
	2017	17233	5046	29,3	7454	43,3	3415	19,8	1318	7,6
	+ -	-6972	-	-9,3	-2941	0,4	61	5,9	213	3
Кормянский	2013	6627	3281	49,6	2671	40,3	540	8,1	135	2,0
	2017	5030	2215	44,0	1896	37,7	617	12,3	302	6,0
	+ -	-1597	-	-5,6	-775	-2,6	77	4,2	167	4
Чечерский	2013	7113	4459	62,7	2279	32,0	297	4,2	78	1,1
	2017	7121	4125	57,9	2240	31,5	444	6,2	312	4,4
	+ -	8	-334	-4,8	-39	-0,5	147	2	234	3,3

*Примечание:* х- градация для минеральных почв, хх – градация для торфяных почв.

Колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 г. находилось в пределах 1,55–2,20 мг/кг, в 2017 г. – 1,83–2,20 мг/кг.

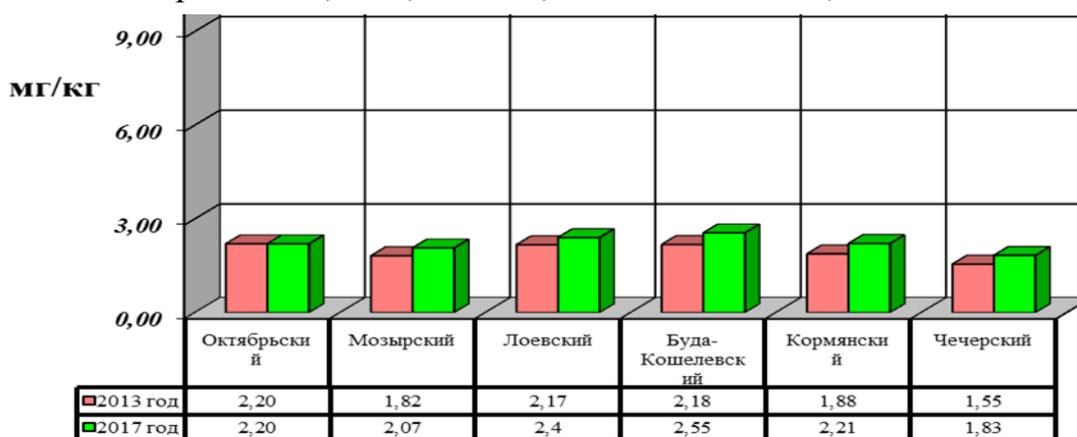


Рис. 2. Средневзвешенное содержание меди в луговой почве обследованных районов в 2013 и 2017 гг.

Средневзвешенное содержание меди в луговой почве в 2013 г. было 1,96 мг/кг, в 2017 г. – 2,21 мг/кг или на 0,25 мг/кг больше. Сравнение изменений средневзвешенных показателей содержания меди в пахотной и луговой почвах свидетельствует, что если за четырехлетний период на пахотной почве прирост показателя составил 0,08 мг/кг почвы, то на луговых угодьях – 0,25 мг/кг. Следовательно, скорость накопления меди в луговой почве оказалась более чем в 3,1 раза выше по сравнению с пахотной почвой.

Медь является незаменимым элементом в жизни растений и животных. Почва относится к части биосферы, которая не только геохимически аккумулирует медь, но является естественным буфером, контролирующим ее перенос в растения.

Анализ результатов исследований на содержание меди в почве сельскохозяйственных районов Гомельской области свидетельствует о колебании средневзвешенных показателей, в 2013 г., для пахотной почвы в пределах 1,44–2,16 мг/кг, в 2017 г. – 1,42–2,17 мг/кг, в луговой – соответственно 1,55–2,20 и 1,83–2,20 мг/кг. Наблюдается увеличение количества площадей с более высоким содержанием в почве меди. Если в 2013 г. 47,9% обследованных площадей пахотных почв имели удельную концентрацию меди более 1,51 мг/кг почвы, то по состоянию на 2017 г. уже 50,2%, соответственно для луговых почв – с 54,2% до 60,9%.

Средневзвешенное содержание меди в луговой почве в 2013 г. имело значение на уровне 1,96 мг/кг, через четыре года – 2,21 мг/кг, в пахотной почве соответственно – 1,72 и 1,80 мг/кг. Следовательно, если за четырехлетний период на пахотной почве прирост показателя составил 0,08 мг/кг, то на луговых угодьях – 0,25 мг/кг или увеличился более чем в 3,1 раза.

## Литература

1. Подоляк А. Г., Валетов В. В., Карпенко А. Ф. Научные аспекты сельскохозяйственного производства в постчернобыльских условиях. Мозырь: МГПУ им. И. П. Шамякина, 2017. 240 с.
2. Карпенко А. Ф. Радиоэкологическое состояние сельскохозяйственных земель Гомельщины // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. (г. Киров, 3–5 декабря 2018 г.). Киров: ВятГУ, 2018. С. 292–297.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях // Пер. с англ. М.: Мир, 1989. С. 118–135.
4. Зборищук Ю. Н., Зырин Н. Г. Медь и цинк в пахотном слое почв Европейской части СССР // Почвоведение. 1978. № 1. С. 38.
5. Изерская Л. А., Пашнева Г. Е. Марганец, медь и кобальт в почвах Томской области // Агрохимия. 1977. № 5. С. 94.
6. Якушевская И. В., Мартыненко А. Г. Микроэлементы в ландшафтах колочной лесостепи // Почвоведение. 1972. № 4. С. 92.

## ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОТОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО СТАЦИОНАРНОГО ОПЫТА

*О. А. Симонова<sup>1,2</sup>, Т. А. Мусихина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», edaphic@mail.ru*

<sup>2</sup> *ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, edaphic@mail.ru*

Большинство элементов в небольших концентрациях необходимы для жизнедеятельности организмов [1]. Они входят в состав ферментов, гормонов, витаминов и других важных соединений. Но в случае избытка тяжелые металлы становятся токсичными. Изучение их содержания в пределах целой экосистемы показывает, что некоторые районы земного шара содержат высокие концентрации элементов [2]. Кировская область входит в число первых десяти субъектов Российской Федерации, сельскохозяйственные земли которого содержат высокое количество некоторых металлов [3].

Одним из наиболее распространенных и важнейших компонентов почв является железо. Данный элемент занимает 4-е место по содержанию в земной коре. Элементы в почве могут находиться в виде солей, свободных ионов, оксидов, минералов, входить в состав органических комплексов и почвенно-поглощающего комплекса. Кроме того, они присутствуют в различных соединениях: валовые, кислоторастворимые, подвижные. Кислоторастворимые соединения химических элементов можно считать общим резервным количеством, способным переходить в мобильную подвижную форму. Основная часть железа находится в высшей степени окисленности (III) во многих автоморфных почвах. Доля Fe (II) от валового содержания невелика и составляет примерно 5–12% [4, 5]. Кислотные вытяжки способны извлекать соединения металлов высших валентностей, их оксиды, если они не прошли процесса старения и самоуплотнения [6, 7].

Сельскохозяйственная деятельность, например, внесение удобрений оказывает влияние на свойства почвы, в том числе на содержание и динамику химических элементов. Так, фосфор способен связывать железо в малодоступные фосфаты [6]. Кроме того, количество кислоторастворимых соединений металла может изменяться в течение вегетационного периода под воздействием погодных-климатических условий. Поэтому вопросы оценки и контроля содержания подобных элементов в окружающей среде, особенно в сфере сельскохозяйственной деятельности, являются актуальными.

Исследования проводились в 2016 г. в НИИСХ Северо-Востока г. Кирова в условиях длительного стационарного опыта на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, сформированной на элювии пермских глин. Отбор почвенных проб осуществлялся из пахотного слоя (0–20 см), производился перед посевом и в течение вегетационного периода в соответствии с фазами развития растений (всходы, выход в трубку, колошение), а также после уборки урожая.

Повторность отбора шестикратная, метод отбора рендомизированный. Подготовка почвенных проб для анализа осуществлялась общепринятыми методами. Содержание кислоторастворимых соединений железа определяли в 1 М азотной кислоте в соотношении почва : раствор=1 : 10 методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

Пробы почв отбирались на участках 111, 222, 333, 444, 555, что соответствует следующему внесению удобрений (NPK): 30, 60, 90, 120 и 150 кг/га действующего вещества соответственно. В опыте применялись следующие минеральные удобрения: аммиачная селитра, суперфосфат двойной гранулированный и хлористый калий.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась методами дисперсионного анализа с использованием пакета программ Microsoft Excel 2003 и Agros 2.07. Достоверность сезонной динамики железа оценивалась с использованием критерия Дункана.

В результате наших исследований выявлено, что содержание кислоторастворимых соединений железа в пахотном горизонте дерново-подзолистой почвы в целом варьирует в следующих пределах: от 1180 до 2860 мг/кг (табл.). По данным других авторов, в дерново-подзолистых почвах содержание кислоторастворимого железа может достигать 3000 мг/кг и больше [8]. Таким образом, дерново-подзолистые почвы содержат большое количество кислоторастворимых соединений железа. Данные соединения могут стать доступными для растений при определенных условиях. Оптимальный уровень содержания железа для разных культур составляет 1,3–7 мг/кг [6]. Таким образом, концентрация данного металла в исследуемой почве может оказаться токсичной для сельскохозяйственных растений.

**Содержание кислоторастворимых соединений железа в почве, мг/кг**

Вариант	Дата отбора				
	30 апреля	01 июня	24 июня	20 июля	18 августа
контроль	1517 ± 32	1490 ± 220	1260 ± 50	1420 ± 120	1750 ± 220
НРК 30 кг/га	2200 ± 250	2210 ± 210	1560 ± 130	1690 ± 115	2360 ± 360
НРК 60 кг/га	1860 ± 120	1960 ± 70	1180 ± 110	1650 ± 200	1710 ± 190
НРК 90 кг/га	1790 ± 70	2090 ± 160	1390 ± 110	1490 ± 50	2260 ± 180
НРК 120 кг/га	2140 ± 110	1950 ± 150	1250 ± 90	1400 ± 90	2490 ± 70
НРК 150 кг/га	2740 ± 100	2360 ± 210	1320 ± 80	1720 ± 60	2860 ± 90

В результате проведенного анализа было выявлено, что содержание кислоторастворимых соединений железа увеличилось по сравнению с контролем практически при всех вносимых дозах удобрений (кроме дозы 60 кг/га) в начале и в конце вегетационного периода (табл.). Длительное применение минеральных удобрений может способствовать увеличению кислотности почвы [9]. С другой стороны, подвижность железа в почве повышается в кислой среде. В подзолистых и дерново-подзолистых почвах обменная кислотность обусловлена ионами водорода и алюминия. Была выявлена обратная корреляция количества кислоторастворимых соединений железа с рН ( $r = -0,35$ ) и прямая – с содержанием ионов алюминия ( $r = 0,61$ ).

Также было изучено изменение содержания кислоторастворимых соединений железа в течение вегетационного периода (табл.). Их минимальное количество во всех вариантах (кроме контроля) наблюдалось в середине периода исследования. В летний период происходит увеличение температуры воздуха и снижение влажности, что способствует окислению железа. Так, по литературным данным [5, 10], в периоды снижения влажности в почвах происходят окислительные реакции, приводящие к синтезу гидроксидов железа (III), а повышение температуры влечет за собой общее ускорение процессов окисления железа. В июне 2016 г. наблюдалась неустойчивая по температуре с периодически выпадающими разной интенсивности дождями погода. Сумма эффективных температур выше  $5^{\circ}$  за месяц увеличилась на  $341^{\circ}$  и к 30 июня составила  $652^{\circ}$ , что на  $110^{\circ}$  больше средней многолетней величины. Осадки выпадали в первой декаде месяца, а вторая и третья декада были сухими. В итоге за месяц выпало 25 мм, что составило 36% от нормы. В июле преобладала теплая, временами жаркая погода. Запасы продуктивной влаги в полуметровом слое почвы изменялись от 110 мм в апреле до 25,8 в июне и 23,2 мм в августе.

Наибольшее количество кислоторастворимых соединений железа было отмечено в середине августа. Причиной стало активное разложение органиче-

ского вещества в конце вегетационного периода в результате поступления свежих растительных остатков. При этом железо, которое входит в состав органического вещества, высвобождается.

Таким образом, содержание кислоторастворимых соединений железа увеличилось при внесении удобрений в определенные периоды. При этом их количество может достигать значительных величин и оказывать негативное влияние на развитие растений. Данное повышение связано с изменением кислотности почвы под влиянием удобрений. Поэтому, при их выборе и расчете дозы следует учитывать поведение элементов в почве. Гидротермические условия также способствуют варьированию содержания данных соединений металла в течение вегетационного периода.

### Литература

1. Nagajyoti P. C., Lee K. D., Sreekanth T. V. M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review // *Environ Chem Lett.* 2010. V. 8. P. 199–216. DOI 10.1007/s10311-010-0297-8.
2. Motuzova G. V., Minkina T. M., Karpova E. A., Barsova N. U., Mandzhieva S. S. Soil contamination with heavy metals as a potential and real risk to the environment // *Journal of Geochemical Exploration.* 2014. V. 144. P. 241–246. DOI: 10.1016/j.gexplo.2014.01.026.
3. State (national) Report on Condition and Use of Land in Russian Federation for 1995. Moscow: Russlit Publ., 1996. 120 p. (in Russian).
4. Бабанин В. Ф., Трухин В. И., Карпачевский Л. О., Иванов А. В., Морозов В. В. Магнетизм почв. М.–Ярославль, 1995. 222 с.
5. Водяницкий Ю. Н. Химия и минералогия почвенного железа. М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН, 2003. 236 с.
6. Небольсин А. Н., Небольсина З. П. Известкование почв (результаты 50-летних полевых опытов). СПб.: ГНУ ЛНИИСХ Россельхозакадемии, 2010. 254 с.
7. Мотузова Г. В. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. Изд-е 3-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 168 с.
8. Канев В. В. Динамика содержания кислоторастворимых соединений железа в дерново-подзолистых почвах южной части республики Коми // *Почвоведение.* 2011. № 11. С. 1312–1326.
9. Карабутов А. П., Уваров Г. И., Боровская Я. Ю. Кислотность и содержание подвижного фосфора в почве многолетнего опыта с удобрениями и обработками // *Сохранение и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии.* Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2011. С. 182–186.
10. Водяницкий Ю. Н., Добровольский В. В. Железистые минералы и тяжелые металлы в почвах. М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН, 1998. 216 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ПРИОЛЬХОНЬЯ В РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЕ

*Н. А. Зверева<sup>1</sup>, Д. Н. Лопатина<sup>1</sup>, И. А. Белозерцева<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, koffffein@mail.ru*

<sup>2</sup> *Иркутский государственный университет, belozia@mail.ru*

Побережье оз. Байкал вблизи р. Сарма является одним из самых привлекательных мест для рекреации, куда ежегодно приезжает более 50 тыс. туристов, что создает постоянную антропогенную нагрузку на ландшафты.

Исследуемая территория расположена в подтаежно-степной поясе, где имеют наибольшее распространение почвы предгорных сухих степей со специфическими типами, например «каштановидные», которые не характерны для Иркутской области.

Изучено экологическое состояние почв степных и луговых ландшафтов Приольхонья, которое является частью Прибайкальского национального парка.

Целью работы было оценить экологическое состояние почв рекреационной зоны степных и луговых ландшафтов Приольхонья на побережье оз. Байкал.

Приольхонье расположено в центральной части Байкальского рифта и является блоком, сброшенным по Приморскому разлому относительно северо-западного плеча рифта. Особые физико-географические условия Приольхонья, такие как неоднородность рельефа, резкая континентальность климата, экстремальный гидротермический режим и разнообразие флористического состава растительных сообществ определяют своеобразные признаки и свойства почв, сформировавшихся на данной территории.

Для большинства почв побережья оз. Байкал в Приольхонье характерен непромывной тип водного режима. Годовой режим влажности почв имеет следующие особенности: влага поступает в почву неравномерно – основное количество осадков относится к апрелю - октябрю (максимально влажный период июль - август), коэффициент увлажнения 0,35–0,60, годовая сумма осадков в степных районах не превышает 200–300 мм, возрастая в горно-таежном поясе до 350–450 мм [1], что характеризует территорию исследования как аридную. Недостаток атмосферного увлажнения усугубляется здесь высокой водопроницаемостью щебнисто-суглинистых почв и грунтов.

В ходе полевых исследований были заложены почвенные разрезы (рис.), отобраны образцы почв и пород.



Рис. Основные ключевые площадки в рекреационной зоне восточного Приольхонья

Пробоподготовка и выполнение анализов физико-химических свойств почв осуществлялась в Химико-аналитическом центре Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН по общепринятым методикам: содержание органического углерода (Сорг) – методом мокрого сжигания по Тюрину; содержание общего азота (Нобщ) методом Кьельдаля; гранулометрический состав – методом Качинского; содержание в почвах и породах микроэлементов определено атомно-эмиссионном спектральном методом на приборе Optima 2000DV (Optical Emission Spectrometer).

В результате проведенных лабораторных исследований выявлено, что по гранулометрическому составу исследованные почвы относятся к супесчаным и легкосуглинистым. Почвы часто рыхлые из-за большого количества включений дресвы и щебня почвообразующих пород. Верхние горизонты имеют включения корней и их остатки. В таблице приведены некоторые результаты химического анализа отобранных образцов почв.

Таблица

**Химический состав почв восточного Приольхонья**

Площадка, использование, почва	Гор-т	С, %	N, %	Mn	Sr	Zn	Cu	Ni	Pb	Co	Cr	V
				мг/кг								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.1 Агро-урбокаштановая	АJ	4,8	0,24	1499	103	88	220	286	7	6	38	45
	U/ВМ К	6,3	0,31	2608	51	109	284	270	10	5	33	42
	ВМ	3,5	0,25	2623	95	102	214	278	11	6	44	48
	U/P/В М	1,8	0,09	2564	40	106	187	209	3	7	31	41

## Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.2 (туристическая стоянка) Темногумусовая с погребенными гумусовыми горизонтами	AU	6,4	0,33	1508	45	91	169	242	14	4	37	41
	AUC	3,8	0,20	1172	33	68	148	240	14	5	37	42
	C	1,0	0,22	1207	37	59	162	299	13	6	46	58
	[RU <sub>1</sub> ]	4,0	0,21	1556	39	66	183	259	13	6	41	50
	[RU <sub>2</sub> ]	3,0	0,16	1546	40	67	194	277	13	6	42	53
5.1 (условный фон) Каштановая гидрометаморфизованная	AJ	6,9	1,02	385	95	46	28	20	10	11	39	29
	BMK	4,4	0,50	405	65	51	31	27	13	13	54	40
	BMg	1,6	0,20	407	43	49	35	29	14	15	60	46
	CAT[AJ]	2,2	0,10	318	56	46	34	28	13	12	55	42
	Cca	0,8	0,06	459	54	50	40	35	13	17	77	53
6.1 (малая рекреационная нагрузка) Темногумусовая с погребенным гумусовым горизонтом	AU	17,0	1,69	532	91	27	19	9	11	4	15	10
	AUC	5,7	0,66	596	64	26	19	16	16	8	27	21
	C	1,1	0,55	189	32	25	17	14	16	6	27	21
	[RU <sup>~</sup> ]	1,4	0,08	161	20	23	9	12	14	5	25	16
	C	0,7	0,07	245	22	28	15	16	18	7	34	18
6.2 (комплекс турбаз, большая рекреационная нагрузка) Серогумусовая	AУ	1,2	0,09	310	180	40	62	107	61	27	64	46
	C	0,7	0,05	621	265	46	79	128	25	59	137	78
Фон Прибайкалья [2]				1200	277	93	46	44	10	18	98	114
ПДК, ОДК [3]				1500	-	220	132	80	32	-	-	150

Для темногумусовой почвы (площадка 1.2) характерна нейтральная реакция среды по всему профилю, содержание органического углерода колеблется вниз по профилю от 6,4 до 1,4%, количество общего азота составляет 0,33–0,1%. Верхний горизонт каштановой гидрометаморфизованной почвы имеет слабокислую реакцию среды, нижние горизонты – слабощелочную. Остальные исследованные почвы имеют нейтральную, слабощелочную и щелочную реакцию.

Тяжелые металлы, поступаая из почвы в растения, передаваясь по цепям питания, оказывают токсическое действие на растения, животных и человека. Свинец ядовит для большинства животных и человека, оказывает общетоксическое, канцерогенное, мутагенное действие. Обнаружено высокое содержание ТМ в почвах на остепненной территории вблизи береговой зоны (разрез 6.2) в отличие от почв средне-горно-таежных и лугово-болотных ландшафтов, которые редко посещаются туристами [4]. Почвы побережья характеризуются низким содержанием гумуса, щелочной реакцией среды (7,5–8,0 рН). В разрезах 1.1, 1.2 обнаружено высокое содержание марганца, превышающее ПДК. В верхнем горизонте почв разреза 6.2 содержание свинца превышает ПДК в

2 раза. Однако следует иметь в виду, что почвы побережья на карбонатных породах иногда могут иметь высокое природное содержание микроэлементов [2].

В почвах присклоновой части на территории с низкой антропогенной нагрузкой (площадки 5.1, 6.1) высоких значений содержания микроэлементов, превышающих ПДК, не обнаружено, что может говорить об их удовлетворительном экологическом состоянии.

Таким образом, большая часть исследуемых почв степных и луговых ландшафтов Приольхонья имеет маломощный сильно- и среднекаменистый профиль, преимущественно нейтральную и слабощелочную реакцию, относительно высокое содержание гумуса и общего азота. Недостаток атмосферного увлажнения и высокая водопроницаемость древесисто-суглинистых почвогрунтов создают неблагоприятные условия для произрастания растений. Вследствие этого растительность разрежена и фрагментарна. Гранулометрический состав почв супесчаный и легкосуглинистый, поэтому загрязняющие вещества могут поступать в оз. Байкал. Рекреационная зона характеризуется наличием педогеохимического загрязнения. Результаты проведенных исследований показали, что почвы побережья в рекреационной зоне имеют повышенные содержания меди, никеля и свинца, превышающие санитарно-гигиенические нормы и региональный фон Байкальского региона. Экологическое состояние почв степных ландшафтов Приольхонья на побережье оз. Байкал на современном этапе можно характеризовать средней степенью антропогенного загрязнения. Выявлено, что почвы средне-горно-таежных и лугово-болотных ландшафтов побережья не загрязнены ТМ, так как мало доступны для автотранспорта неорганизованных туристов.

В связи с нарастающей антропогенной нагрузкой требуется постоянный мониторинг химического состава и физико-химических свойств почв рекреационной зоны Приольхонья и вод побережья оз. Байкал.

#### Литература

1. Атлас Иркутской области / Гл. редактор А. Н. Антипов. Москва – Иркутск: Институт географии СО РАН. Роскартография, 2004.
2. Гребенщикова В. И., Лустенберг Э. Е., Китаев Н. А., Ломоносов И. С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон). Новосибирск: Гео, 2008, 234 с.
3. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
4. Belozertseva I. A., Kichigina N. V., Abalakov A. D., Drovov V. V., Maryshkin D. I. Modern condition of landscapes in vicinities of the river Sarma at coast of lake of Baikal // European Journal of natural History. 2014. № 2. P. 4–7.

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ С УДОБРЕНИЯМИ

*Л. Д. Стахурлова<sup>1</sup>, А. Ф. Стулин<sup>2</sup>, Т. Н. Богатикова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет, *stakhurlova@rambler.ru*

<sup>2</sup> Воронежский филиал ФГБНУ ВНИИ кукурузы, *орупное@vmail.ru*

Влияние агротехногенного воздействия на плодородие почв – многостороннее. Оно может быть прямым – это действие на пищевой режим почвы, и косвенным – это воздействие на рост растений, активность микроорганизмов и продуцирование ими ферментов в почву [1]. При оценке эффективности агроприемов или экологического состояния почвы в целом целесообразно исследовать наиболее «чувствительные» показатели почвенного плодородия, такие как активность ферментов, фитотоксичность почвы [2–4].

Настоящие исследования проводятся на опытных полях Воронежского филиала Всероссийского НИИ кукурузы (Воронежская обл., Хохольский район). Стационарные полевые опыты были заложены в 1960 г. и включены в реестр «Географической сети опытов с удобрениями». Они представлены тремя полями севооборота и одним полем с бессменным посевом кукурузы. Чередование культур в севообороте следующее: вико-овсяная смесь на сено, озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, озимая пшеница, кукуруза на зерно, вико-овсяная смесь на сено, озимая пшеница, подсолнечник, ячмень. Минеральные удобрения вносят ежегодно осенью под вспашку в виде аммиачной селитры ( $N_{aa}$ ), гранулированного суперфосфата ( $P_{ст}$ ) и калийной соли ( $K_x$ ). Объект исследований – чернозем выщелоченный среднесиловый малогумусный тяжелосуглинистый на покровной карбонатной глине. Почвенные образцы отбирали буром до 60 см в 3-х точках учетной площади вариантов: «чистый пар», монокультура кукурузы без удобрений, на фоне  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , и  $N_{120}P_{60}K_{60}$ , вико-овсяная смесь без удобрений, на фоне  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , и  $N_{120}P_{60}K_{60}$ . Для оценки изменения биологических свойств черноземов использовались образцы почв ненарушенных экосистем (лесополоса), Анализ агрохимических показателей проводили по общепринятым методам [5]. Определение активности ферментов в почве по Ф.Х. Хазиеву [6]. Скорость разложения целлюлозы определяли аппликационным методом, фитотоксичность почвы – методом биотеста. Тест-объект – семена кресс-салата [7].

Черноземы выщелоченные являются высокоплодородными почвами лесостепи ЦЧР. Они характеризуются благоприятным составом и свойствами. Так, содержание физической глины в первом полуметре составляет 55–57%. Преобладающими фракциями являются илистая и крупно-пылеватая. Довольно высокое содержание фракции крупного и среднего песка: 10–13% в пахотных горизонтах с возрастанием до 22–28% в почвообразующей породе [8]. Почвы стационарного участка оцениваются как малогумусные. Так, на момент закладки длительного полевого опыта (1960 г.) они содержали в слое 0–20 см 5,6% гумуса. Большинство ученых отмечают активное развитие про-

цесса дегумификации при распашке черноземов, как в пахотном слое, так и в полуметровой толще. Глубокой агрогенной деградации подвергаются длительно парующие почвы и почвы, на которых возделываются сельскохозяйственные культуры без удобрений. Так, в верхнем 0–20 см слое почвы исследуемых вариантов количество гумуса изменялось от 4,7% до 5,6%. Размах варьирования составил около 1%. Результаты показали, что в почвах под кукурузой по сравнению с исходным содержанием количество гумуса в пахотном слое снижается в 1,2 раза, а под вико-овсяной смесью в севообороте в среднем в 1,1 раза. Систематическое внесение минеральных удобрений сдерживает потери органического вещества, препятствует процессам дегумификации, что косвенно подтверждают коэффициенты гумификации, рассчитанные по соотношению активности фермента полифенолоксидазы к пероксидазе. Лучшие результаты получены при использовании  $N_{120}P_{60}K_{60}$  (табл. 1).

Таблица 1

**Изменение основных показателей плодородия черноземов  
выщелоченных**

Вариант	Слой, см	Гумус %	К <sub>гум.</sub>	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	Нг	V, %	рН <sub>водн</sub>
				ммоль/100г			
«Чистый пар»	0-20	4,7	0,85	35,2	4,4	89	6,2
	20-40	4,3	0,90	34,4	4,2	89	6,2
	40-60	3,7	0,90	32,4	3,4	91	6,4
Кукуруза монокультура							
Без удобрений	0-20	4,9	1,10	36,1	4,3	89	6,3
	20-40	4,3	1,17	34,5	3,4	91	6,2
	40-60	3,5	1,07	34,0	3,1	92	6,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0-20	5,3	1,31	37,2	5,7	87	5,5
	20-40	4,8	1,17	35,9	5,1	88	5,9
	40-60	3,8	1,17	35,3	4,6	88	6,1
$N_{120}P_{60}K_{60}$	0-20	5,5	1,33	38,5	5,7	87	5,3
	20-40	4,9	1,29	35,9	4,3	89	5,7
	40-60	4,0	1,29	35,5	3,6	91	5,8
Вико-овсяная смесь							
Без удобрений	0-20	5,1	1,17	37,4	4,1	90	5,9
	20-40	4,9	1,17	37,0	3,8	91	6,1
	40-60	3,9	1,18	35,9	3,2	92	6,0
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0-20	5,5	1,39	38,0	5,2	88	5,6
	20-40	5,0	1,36	37,6	4,4	90	5,9
	40-60	3,9	1,36	36,0	3,9	90	6,1
$N_{120}P_{60}K_{60}$	0-20	5,6	1,40	38,4	5,8	87	5,4
	20-40	4,8	1,35	36,9	4,4	89	5,7
	40-60	4,0	1,35	36,3	3,9	90	6,0

Гранулометрический состав почв, содержание в них гумуса определяют состояние почвенно-поглощающего комплекса (ППК), обеспечивающего устойчивость почв к вредным факторам воздействия. В верхних слоях исследуемых вариантов сумма обменных оснований изменяется от 35 до

38,5 ммоль(+)/100 г почвы. Вниз по профилю их количество постепенно уменьшается. В длительно парующей и не удобренной почве наметилась слабая тенденция снижения суммы кальция и магния. Систематическое использование минеральных удобрений в дозах  $N_{60}P_{60}K_{60}$  и  $N_{120}P_{60}K_{60}$  сдерживает потери кальция и магния, однако повышается концентрация катионов водорода в почвенном растворе и в составе ППК черноземов, незначительно снижается степень насыщенности почв основаниями (V).

Изменение основных показателей плодородия почв отражается и на их биологических свойствах, от которых зависят размеры и направление процессов превращения веществ и энергии в экосистемах. Так, активность целлюлаз является значимым показателем для контроля уровня загрязнения длительно окультуренных почв и их санитарных функций. От этого показателя зависит накопление в почве подвижных и доступных растениям и микроорганизмам биогенных элементов. Черноземы выщелоченные в условиях ненарушенных биоценозов (лесополоса) характеризуются средним уровнем целлюлозоразлагающей активности – более 30%. Агротехногенное воздействие сопровождается резким снижением скорости разложения клетчатки. Так, в верхнем 0–20 см слое почвы под чистым паром активность целлюлаз падала в 4 раза по сравнению с почвой лесополосы и оценивалась как очень слабая. Под кукурузой и вико-овсянной смесью без применения минеральных удобрений скорость разложения клетчатки падала в 3 и в 2,4 раза соответственно и оценивалась как очень слабая и слабая. Систематическое внесение умеренных доз минеральных удобрений способствует повышению скорости разложения клетчатки. По сравнению с вариантами «чистый пар» и без удобрений активность целлюлаз повысилась в 1,9 и 2,2 раза при выращивании монокультуры кукурузы и в 2,2 и в 2,6 раза при выращивании вико-овсянной смеси в севообороте. Повышение дозы азотного компонента в 2 раза стимулировало, хотя и незначительно, целлюлозоразлагающую активность. Положительное действие минеральных удобрений легко объяснить дополнительным поступлением растительных остатков в почву.

Любые агротехнические приемы нарушают микробный комплекс почвы и могут быть причиной фитотоксичности. Фитотоксичность это свойство почвы подавлять рост и развитие высших растений [2, 3]. Чаще всего в исследовательских целях в качестве тест-объекта используют семена кресс-салата или редьки масличной, весьма чувствительные к агротехногенному воздействию. Исследования показали, что лучшие условия для роста и развития растений складываются под лесополосой. Здесь выявлена наименьшая степень ингибирования семян кресс-салата. Многолетняя распашка и оставление почвы в парующем состоянии, возможно, являются причиной глубокой трансформации микробного комплекса почвы. По сравнению с контролем (нативная почва) всхожесть семян кресс-салата составила всего 54,1%, а ингибирование всхожести было максимальным из всех изученных вариантов – 45,9%. Проростки семян были тоньше с незначительными морфологическими отклонениями, однако их длина практически не отличалась от контроля (табл. 2). Выра-

щивание кукурузы в монокультуре как с удобрениями, так и без них вызывает слабый фитотоксикоз почвы. Всхожесть семян тест-культуры в среднем по вариантам составила 70%. Проростки были крепкие без морфологических отклонений. Условием формирования благоприятного фитосанитарного состояния почвы является севооборот. При выращивании вико-овсяной смеси в севообороте фитосанитарное состояние черноземов выщелоченных оказалось лучше, чем при выращивании кукурузы в монокультуре. Всхожесть семян крест-салата была выше 70%. Минеральные удобрения на фоне севооборота стимулировали рост проростков крест-салата.

Таблица 2

**Биологические свойства пахотного слоя черноземов выщелоченных в условиях длительного окультуривания**

Вариант опыта	Разложение клетчатки, %	Всхожесть семян, %	Длина проростков, мм	Фосфатаза, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 1 г за 1 ч	Протеаза, мг глицина / 1 г за 24 часа
«Чистый пар»	6,4	54,1	2,36±1,2	0,15	0,10
Лесополоса	32,3	86,7	2,60±0,67	0,27	0,24
Кукуруза монокультура					
Без удобрений	8,6	66,7	2,01±0,8	0,16	0,18
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,0	71,8	2,03±0,95	0,24	0,18
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,5	73,3	2,25±0,38	0,24	0,18
Вико-овсяная смесь, севооборот					
Без удобрений	11,3	74,5	2,26±0,56	0,20	0,21
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,7	78,5	2,78±0,52	0,24	0,22
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	19,5	83,3	2,84±0,32	0,26	0,23

Активность фосфогидролитических ферментов характеризует интенсивность биохимических процессов мобилизации органического фосфора в почве. Судя по активности фосфатазы (фосфогидролазы), в исследованной почве замедлен гидролиз фосфорорганических соединений (табл. 2). Активность фермента изменялась от 0,15 до 0,27 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / 1 г почвы за 1 ч. Самая низкая активность фосфогидролазы отмечена в образцах почвы под паром. Внесение минеральных удобрений, как под монокультуру, так и в севообороте не повлияли на гидролиз фосфорорганических соединений. Протеазы осуществляют начальный этап превращения белковых соединений, поступающих в почву и связанных в гумусе. Они играют главную роль в метаболизме азота в почве и обуславливают динамику усвояемых форм азота [6]. В почве варианта «вечный пар» было самое низкое содержание гумуса и здесь же зафиксирована самая низкая активность протеаз – 0,1 мг глицина / 1 г почвы за 24 часа. Выращивание кукурузы в монокультуре без удобрений повышали активность протеаз в 1,7 раза по сравнению с парующей почвой. Систематическое внесение минеральных удобрений не привели к активизации протеолитических процессов. Активность протеаз увеличилась всего на 6%. Севооборотный фактор активизировал протеолитические процессы в 2,2 раза по сравнению с «вечным паром» и в 1,3 раза по сравнению с монокультурой. Система-

тическое внесение минеральных удобрений незначительно стимулирует активность протеаз по сравнению с вариантом без удобрений на 10%. Повышение дозы азота в 2 раза ( $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) не привело к усилению метаболических процессов.

Таким образом, в длительно парующей почве выявлена низкая биохимическая активность. Поступление растительных остатков в верхние горизонты почвы при выращивании сельскохозяйственных культур стимулирует ферментативную активность. Минеральные удобрения не дали ожидаемого эффекта. Выявлено незначительное повышение активности протеаз и фосфатаз. Однако систематическое применение удобрений компенсирует потери гумуса и снижает общую экологическую напряженность в агроценозах за счет оптимизации круговорота биогенных элементов.

### Литература

1. Щербаков А. П., Девятова Т. А., Стахурлова Л. Д. Биодинамика черноземов ЦЧП// Антропогенная эволюция черноземов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. С. 120–144.
2. Стахурлова Л. Д., Свистова И. Д., Щеглов Д. И. Биологическая активность как индикатор плодородия черноземов в различных биоценозах // Почвоведение. 2007. № 6. С. 769–774.
3. Стахурлова Л. Д., Свистова И. Д. Биомониторинг черноземов в различных биоценозах // Вестник РАСХН. 2011. № 6. С. 28–30.
4. Хазиев Ф. Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982. 176 с.
5. Воробьева Л. А. Химический анализ почв. М.: МГУ, 1998. 272 с.
6. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Изд-во Наука, 2005. 334 с.
7. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
8. Королев В. А. Современное физическое состояние черноземов центра Русской равнины. Воронеж: ГУП ВО «Воронежская областная типография – изд-во им. Е. А. Болховитинова», 2008. 313 с.

## СВОЙСТВА ПОЧВ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВЯТСКОЙ ГСХА

*Е. В. Дабах<sup>1,2</sup>, А. П. Кислицына<sup>1</sup>, А. В. Семенов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,  
<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, *ecolab2@gmail.com*

Опытное поле Вятской государственной сельскохозяйственной академии находится к югу от г. Кирова. Почвенное обследование территории учебно-опытного хозяйства проводилось в 1961–1962 гг. и в 1983 г., результатом его было создание крупномасштабной почвенной карты (масштаб 1:10 000). Последнее обследование почвенного покрова части опытного поля было проведено в 1999–2000 гг. с целью создания детальной почвенной карты масштаба 1:2000 и характеристики свойств почв на участке размещения нового подразделения академии – Ботанического сада. Было заложено 15 глубоких разрезов, 10 полуразрезов и 27 прикопок. Работы проводились под руководством

и при непосредственном участии доцентов А. М. Гущиной, Е. В. Дабах, канд. с.-х. наук А. И. Гущина. Во время полевого этапа исследований было отмечено, что почвенный покров на небольшом по площади участке 36,46 га отличается неоднородностью. Многолетнее использование почв в сельскохозяйственном производстве не привело к сглаживанию различий, а напротив, обострило их. Несмотря на выраженный микрорельеф, главной причиной пестроты почвенного покрова следует считать почвообразующие породы. При абсолютном преобладании элювия пермских глин (породы занимали 88% площади участка) на этой небольшой территории встречались морфологически отличающиеся их разновидности: шоколадные, красно-бурые и пестроцветные породы. Было выделено 12 почвенных разностей.

Целью настоящей работы было изучение свойств почв участка опытного поля, сравнение полученных результатов с данными прошлых лет.

Методы исследования – общепринятые в практике химического анализа почв: определение рН в водной и солевой вытяжках проводили потенциометрическим методом, гидролитическую кислотность определяли по Каппену, обменные катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  – комплексометрически с трилоном Б, гумус – по методу Тюрина. Результаты обследования, полученные в 2018 г., приведены в таблице. Сравнение некоторых показателей в соответствующих контурах почвенной карты по турам обследования показано на рисунке.

Результаты анализа почвенных образцов подтверждают выявленную по морфологическим показателям неоднородность почвенного покрова. Почвы относятся к одному типу – дерново-подзолистым, но отличаются по степени проявления подзолистого процесса, по гранулометрическому составу и по эродированности. При этом кислотность почв варьирует от среднекислых до нейтральных значений рН в солевой вытяжке. Отметим, что низкая кислотность, причем и актуальная и потенциальная характерна для смытых и намытых почв. Это может быть обусловлено как возрастанием исходной карбонатности пород с глубиной, так и недавно проведенным известкованием пахотных горизонтов. Максимальные значения содержания обменных оснований – кальция и магния, а также емкости поглощения отмечены в средне- и тяжело-суглинистых почвах на элювии глин со слабой степенью оподзоленности. Кислые почвы нуждаются в известковании, особенно ненасыщенные основаниями дерново-средне- и сильноподзолистые почвы. Почвы небогаты гумусом, для оптимизации его содержания необходимо вносить органические удобрения.

## Свойства почв Ботанического сада Вятской ГСХА

Название почвы	№ контура	Содержание гумуса, %	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Нг	S (Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> )	V, %
					Смоль/кг		
Дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая на элювии глин	1	2,66±0,53	6,08±0,1	4,74±0,1	3,85±0,46	21,60±2,1	84,9
Дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая на элювии глин	20	2,34±0,47	6,51±0,1	5,47±0,1	2,20±0,26	16,0±1,6	87,9
Дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая на элювии глин	21	1,90±0,38	5,64±0,1	4,72±0,1	3,96±0,47	12,0±1,2	75,2
Дерново-сильноподзолистая супесчаная на элювии песчаника	6	2,66±0,53	5,60±0,1	4,44±0,1	3,96±0,47	10,08±1,0	71,1
Дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая на элювии глин слабосмытая	4	2,16±0,45	5,96±0,1	4,76±0,1	3,63±0,43	18,14±1,8	83,3
Дерново-слабоподзолистая супесчаная на элювии песчаника слабосмытая	8	2,08±0,41	6,99±0,1	6,29±0,1	0,88±0,10	17,86±1,8	95,3
Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая на элювии глин сильносмытая	13	2,75±0,55	6,95±0,1	6,60±0,1	0,99±0,12	26,78±2,7	96,4
Дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая на элювии глин намытая	10	3,19±0,48	7,43±0,1	6,90±0,1	0,66±0,08	20,16±2,0	96,8

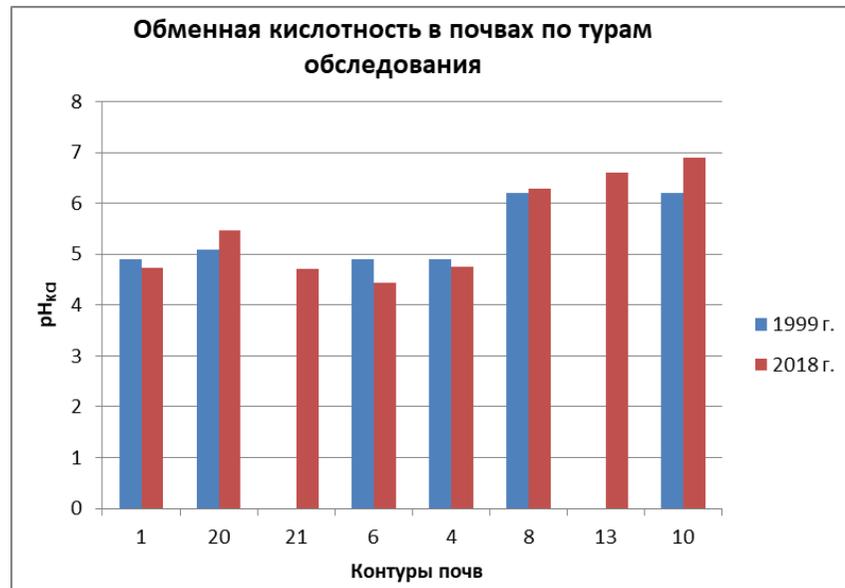


Рис. Изменение свойств почв в соответствующих почвенных контурах по турам обследования

Данные, представленные на рисунке, указывают, что свойства почв изменились незначительно. Существенные различия в содержании гумуса, выявленные для дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой намытой почвы, распространенной в контуре 10, свидетельствуют, по-видимому, не об увеличении содержания органического вещества в почвах с годами, а связаны с особенностями отбора смешанного образца на исходно неоднородном участке, где намыв материала с вышележащих позиций может быть неравномерным, зависимым от микрорельефа и других факторов.

Таким образом, предварительные результаты проведенного обследования позволяют сделать вывод о том, что свойства почв за 20 лет использования земель опытного поля изменились незначительно, и комплекс мероприятий, прописанный в рекомендациях к предыдущему туру обследования, остается неизменным.

## **ЭКОГЕОХИМИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОЧВ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ (САХА)**

*Е. Н. Максимова, О. Г. Лопатовская, Д. Е. Гавриков*  
*Иркутский государственный университет, evgen\_max@list.ru*

Благодаря своим биогеохимическим свойствам и огромной активной поверхности тонкодисперсной части почва, с одной стороны, является депо токсических соединений, с другой – одним из важнейших биогеохимических барьеров для большинства химических соединений на пути их миграции из атмосферы в грунтовые воды. По мнению В. Блюма [1] в равновесных условиях почва аккумулирует 90,5% всех загрязнителей, поступающих в окружающую среду, т. е. в различные компоненты биосферы.

Принятие «Стратегии социально-экономического развития республики Саха (Якутия) на период до 2030 г. с определением целевого видения до 2050 г.» предусматривает широкомасштабное развитие промышленности Республики Саха (Якутия), поэтому можно предполагать, что уже в ближайшее десятилетие произойдет значительное увеличение техногенной нагрузки на мерзлотные экосистемы Севера [2, 3].

Строительство и эксплуатация трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) неизбежно сопряжены с антропогенной трансформацией природных экосистем южной Якутии, поэтому контроль за экологическим состоянием природной среды в целом и почвы в частности является актуальным и необходимым условием [4].

Главная цель экогеохимических исследований – это выявление геохимических аномалий, и, в первую очередь, оценка их экологической и гигиенической значимости. Появление аномалий, как по одному химическому элементу, так и по широкому кругу загрязняющих веществ, связано с источниками воздействия как природного, так и техногенного характера. Для фиксации зон неблагоприятного воздействия источников загрязнения необходимо

определять комплекс тяжелых металлов, по содержанию которых можно оценить уровень и масштабы воздействия многих источников загрязнения. Традиционно оценка состояния окружающей среды осуществляется с позиции стандартизации, т.е. нормативного подхода, основанного на применении ПДК и других экологических показателей [5–7]. Однако гигиенические нормативы и ПДК разработаны не для всех ингредиентов и не для всех сред.

Экогеохимическое обследование почв проводилось на территории Южной Якутии, затронутой строительством трубопроводной системы ВСТО. Обследование предусматривало анализ содержания тяжелых металлов, нефтепродуктов и бенз(а)пирена и выявление основных физико-химических свойств почв (рН, степень насыщенности основаниями, содержание гумуса и общего азота, подвижных фосфора и калия, обменных кальция и магния и др.).

Объектом опробования физико-химических свойств с учетом оценки аэротехногенного загрязнения был гумусовый горизонт почв. Было отобрано 10 образцов с глубины 0–10 см по общепринятым в почвоведении методам [8, 9]. Для геохимического анализа методом спектрального анализа на 50 элементов было отобрано 47 почвенных образцов с глубины 5–50 см. Для почв на участках был рассчитан суммарный показатель загрязнения  $Z_c$ . Также был проведен анализ содержания бенз(а)пирена (Б(а)П) и нефтепродуктов в 17 образцах.

Проведенный анализ показал неоднородность, а для некоторых разрезов и перемешанность образцов разных мощностей с повышенной каменистостью и высокой скелетностью, супесчано-суглинистый гранулометрический состав. Реакция почвы зависит от химического и минералогического состава минеральной части почвы, наличия свободных солей и качества органического вещества. Щелочная реакция почв обусловлена различными по составу соединениями: карбонатами, гидрокарбонатами, силикатами, алюмосиликатами, а также зачастую является следствием антропогенного воздействия. Изменение реакции почв нарушенных территорий может способствовать снижению миграционной способности многих загрязняющих веществ и, в первую очередь, тяжелых металлов, образующих в щелочных условиях обычно слаборастворимые соединения.

Поверхностный горизонт исследуемых почв имеет кислую и слабощелочную реакцию среды ( $pH_{H_2O} - 4,8-8,0$ ). рН солевой вытяжки колеблется в пределах 3,1–7,0. Содержание гумуса изменяется от 2,6 до 20,8%. Содержание валового азота коррелирует с содержанием гумуса, так как основное количество почвенного азота сосредоточено в органическом веществе почвы, и варьирует в пределах от 0,58 до 0,83%. Степень насыщенности почв основаниями является важным показателем поглотительной способности почвы и степени ее устойчивости к техногенному воздействию. Исследуемые образцы характеризуются высокой степенью насыщенности основаниями (до 66,4–96,3%) и емкостью поглощения. В почвах преобладает обменный кальций (до 17,0 мг-экв/100 г) по сравнению с магнием (4,3–10,5 мг-экв/100 г почвы). Со-

держания фосфора и калия отличаются незначительно: содержание подвижного калия достигает 470 мг/кг, подвижного фосфора – от 26 до 260 мг/кг.

Анализ содержания тяжелых металлов в образцах почв показал, что для большинства химических элементов четких закономерностей в распределении в зависимости от типов почв не отмечено. Содержание  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  заметно увеличивается в горных мерзлотно-таежных почвах по сравнению с мерзлотно-таежными палевыми.

Дисперсия концентраций определяемых химических элементов незначительна, за исключением  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Ag}^+$ . Максимальные содержания элементов не достигают экологически значимых величин (ПДК и ОДК) и находятся значительно ниже во всех почвенных образцах. Содержание  $\text{Zn}^+$  (токсиканта I класса опасности) и  $\text{Cu}^{2+}$  (элемент-токсикант II класса опасности), находится значительно ниже ПДК и ОДК. Известно, что содержание в почвах  $\text{Cu}^{2+}$  более 60 мг/кг считается избыточным, приводящим к развитию хлороза у растений. Высокие концентрации  $\text{Li}$  также могут оказаться токсичными для растений, тем не менее, его содержание опасений не вызывает. Содержание элементов в исследуемых почвах по отношению к фоновым почвам значительных превышений не показало. В целом, формирующиеся в пределах изучаемой территории зоны (участки) загрязнения имеют полиэлементный состав. Для одной площадки характерна локальная аномалия по содержанию хрома до 3 ПДК. Для этой же площадки фиксируются значения  $\text{Zc}$  ( $> 32$ ), превышающие опасный уровень загрязнения.

Результаты содержания тяжелых металлов в почвах были обработаны статистически. Оценка распределения изучаемых показателей между разными участками была проведена с помощью критерия Краскела-Уоллиса для независимых выборок, который является непараметрическим аналогом дисперсионного анализа, не требующим нормальности распределения вариантов. Предварительный анализ сравнения концентраций изучаемых веществ с фоновыми значениями не показал значимых отличий.

Среди проанализированных загрязнителей особо опасны ПАУ. Они концентрируются на поверхности почвы, образуя специфические ореолы загрязнения, принимают участие в почвенных миграционных явлениях, накапливаются в тканях растений, вовлекаются в биогеохимические циклы трансформации органического вещества, могут воздействовать на хромосомный аппарат клетки. Б(а)П довольно стабилен в объектах среды. Как правило, вдали от источников загрязнения фоновый уровень Б(а)П составляет 1–3 мкг/кг, в районах с незначительной загрязненностью – 5–10 мкг/кг. И в основном наибольшие концентрации отмечаются в верхних гумусовых горизонтах. Это объясняется слабой миграцией углеводорода вниз по профилю в силу его высоких гидрофобных сорбционных свойств, обусловленных повышенным сродством к гумусовым веществам [10]. Перемещение их вниз может быть вызвано зоотурбацией. Возможно поглощение и трансформация веществ корнями растений. Часто молекулы ПАУ в почвах находятся в поглощенном минеральными и органо-минеральными коллоидами состоянии. Здесь особое

внимание должно быть уделено гранулометрическому составу почв, т.е. содержанию физической глины.

Общеизвестно, что почвы и грунты считаются загрязненными, когда концентрация загрязнителей в них достигает такой величины, при которой начинаются негативные экологические изменения в окружающей среде: нарушается экологическое равновесие в почвенной экосистеме, гибнет почвенная биота, падает продуктивность или наступает гибель растений, происходит изменение морфологии, водно-физических свойств почв, падает их плодородие, создается опасность загрязнения подземных и поверхностных вод в результате вымывания нефтепродуктов из почвы или грунта и их растворения в воде. Однако, на сегодняшний день в нормативных и директивных документах отсутствуют реальные критерии оценки уровня загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Показатели вредности установлены для наиболее токсичной сернистой нефти карбоновых отложений. Этот показатель несколько завышен, так как геохимический фон (кларк) содержания углеводородов нефти в почве в европейских странах колеблется в пределах 0,01–0,5 г/кг, а в крупных городах России довольно обычны показатели 1–3 г/кг. На территориях, прилегающих к предприятиям переработки, добычи нефти, фон достигает 6 г/кг.

Исходя из выше сказанного нами учитывались следующие степени градации загрязнения почв и грунтов нефтью и нефтепродуктами (с учетом кларка): незагрязненные почвы – до 1,5 г/кг; слабое загрязнение – от 1,5 до 5,0 г/кг; среднее загрязнение – от 5,0 до 13,0 г/кг; сильное загрязнение – от 13,0 до 25,0 г/кг; очень сильное загрязнение – более 25,0 г/кг.

По содержанию нефтепродуктов на данном этапе почвы территории можно отнести к незагрязненным почвам, так как их максимальные концентрации достигают 83,0 мг/кг почв, что значительно ниже нижнего предела, установленного для почв (до 1,5 г/кг – незагрязненные почвы). В большинстве образцов нефтепродукты вообще не были выявлены. Бенз(а)пирен обнаружен во всех исследованных почвенных образцах, однако, его содержание не превышает установленного ПДК (0,02 мг/кг).

В целом следует сказать, что усиление техногенного воздействия на природные комплексы южной Якутии в условиях эксплуатации трубопроводной системы «ВСТО» должно сопровождаться особым вниманием к экологической безопасности населения за счет соблюдения экологических требований, предъявляемых к объектам топливно-энергетического комплекса [11]. С экологических позиций загрязненные почвы опасны прежде всего, как источник поступления тяжелых металлов в организм человека путем вторичного загрязнения приземного слоя воздуха пылью. Учитывая, что 50–60% пыли в приземной части атмосферы имеет почвенный генезис, очевидно насколько важно изучение аномалий в пределах антропогенно-преобразованных и нарушенных территорий.

## Литература

1. Блюм В. Е. Проблемы и задачи почвоведения в XXI веке // Почвоведение. 2001. № 8. С. 901–908.
2. Васильева Т. И. Вещественный состав, свойства и минералогическая характеристика основных типов почв центральной и южной Якутии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2013. 19 с.
3. Саввинов Д. Д. К вопросу об экологической безопасности западной Якутии // Наука и образование. 2008. № 2. С. 85–88.
4. Елизарова Т. Н., Дитц Л. Ю., Лопатовская О. Г. Особенности мониторинга природных и антропогенных почвенных процессов на юге Сибири // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2005. Т. 5. С. 101–105.
5. Контроль химических и биохимических параметров окружающей среды / Под ред. А. К. Исаева. СПб.: Эколог, 1998. 896 с.
6. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Методика (утв. Минприроды РФ 30.11.1992).
7. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве 6229-91. 2002.
8. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
9. Воробьева Л. А. Химический анализ почв. М.: МГУ, 1998. 272 с.
10. Ильницкий А. П. Экологические аспекты циркуляции ПАУ// Экология и рак / Под ред. А. П. Быкореза. Киев: Наукова думка, 1985. С. 64–93.
11. Дубицкий М. А., Снопкова Н. Ю. О понятиях «Безопасность» и их соотношении // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 1 (108). С. 69–75.

## **ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЕСТРУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ДЕТОКСИКАЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ**

*Д. В. Акайкин, А. М. Петров*

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

Способность почв к самоочищению определяется не только начальным содержанием нефтяных компонентов, но и комплексом условий среды, как постоянных (тип почвы и гранулометрический состав), так и переменных (исходная влажность), которые влияют на сроки естественной детоксикации, восстановление экологического состояния почвы. Как следствие, конечный результат естественной трансформации нефти в почвах во времени может существенно различаться и будет определяться комбинацией характеристик почв и переменных факторов воздействия [1, 2].

Целью настоящей работы являлось исследование динамики токсикологических характеристик в условиях различной исходной влажности при разных начальных уровнях нефтяного загрязнения и прогнозирование сроков преодоления негативного воздействия нефти дерново-подзолистой супесчаной и среднесуглинистой почвой.

В настоящей работе использованы дерново-подзолистые почвы разного гранулометрического состава: супесчаная и среднесуглинистая. В почву с исходной влажностью 60% (Вариант 1) и 10% (Вариант 2) от полной влагоемкости вносили различное количество сырой нефти Ямашинского месторождения Республики Татарстан. Опытные образцы супесчаной дерново-подзолистой почвы исходно содержали 2,4%, 4,8%, 9,0%, 13,0% нефти, среднесуглинистой – 4,8%, 7,1%, 9,0%, 13,0%, 16,7% и 20,0%. Диапазон рабочих концентраций нефти в опытных вариантах определялся сорбционной емкостью почв. В качестве контрольных проб использовали почвенные образцы, не подвергшиеся воздействию нефти.

Инкубирование почв осуществлялось в лабораторных условиях. Токсикологические характеристики почв определялись согласно методике [3]. Для проведения биотестирования использовали семена пшеницы (*Triticum vulgare L.*). Острую токсичность исследуемых образцов определяли с периодичностью 4–19 суток на протяжении 365 дней. Время экспозиции семян в острых опытах составляло 5–7 суток.

При интерпретации результатов исследований критерием достоверного токсического действия являлось отклонение от контроля изучаемой функции на более чем 20 процентов [3, 4].

В ходе экспериментов периодически анализировали остаточное содержание нефтепродуктов в опытных образцах почв, которое проводили ИК-спектрометрическим методом на анализаторе КН-2м в соответствии с методикой [5]. Содержание нефтепродуктов определяли непосредственно после внесения нефти в почву, а также на 7, 30, 90, 180, 270 и 365 сутки в зависимости от варианта эксперимента.

На протяжении эксперимента осуществлялись некоторые агротехнические приемы, способствующие активации процессов самоочищения [6] – еженедельно проводилось рыхление и увлажнение контрольных и опытных образцов почв.

Анализ экспериментальных данных показал, что дерново-подзолистая среднесуглинистая почва вне зависимости от исходного состояния среды более устойчива к воздействию нефтяного загрязнения и способна к преодолению фитотоксического действия поллютанта в обозримый временной период при проведении минимальных восстановительных мероприятий (табл.). Супесчаные дерново-подзолистые почвы требуют более длительного восстановительного периода или проведения более интенсивных рекультивационных мероприятий. Естественное устранение негативного воздействия нефти на дерново-подзолистую почву возможно: на супесчаных почвах – при концентрации поллютанта до 4,8%, на среднесуглинистых почвах – при концентрациях до 9,0%–16,7%.

**Преодоление негативного воздействия нефти  
дерново-подзолистой почвой в течение одного года эксперимента**

Гранулометрический состав	Содержание нефти, %	Сроки преодоления негативного воздействия нефти	
		Вариант 1	Вариант 2
Супесчаный	2,4	339 сутки	135 сутки
	4,8	339 сутки	233 сутки
	9,0	не выявлено	не выявлено
	13,0	не выявлено	не выявлено
Среднесуглинистый	4,8	97 сутки	52 сутки
	7,1	103 сутки	68 сутки
	9,0	127 сутки	94 сутки
	13,0	не выявлено	94 сутки
	16,7	не выявлено	304 сутки
	20,0	не выявлено	не выявлено

Влажность дерново-подзолистой почвы в момент ее загрязнения нефтью определяет время, необходимое для устранения фитотоксического действия поллютанта. При исходно низкой влажности супесчаной почвы преодоление негативного воздействия нефти в концентрациях 2,4% и 4,8% наступало соответственно в 2,5 и 1,5 раза быстрее, чем при исходно высокой влажности почвы. При содержании поллютанта 9,0% и выше фитотоксичность почвы проявлялась на протяжении всего эксперимента независимо от исходной влажности дерново-подзолистой супесчаной почвы.

При поступлении нефти в концентрациях 4,8%, 7,1% и 9,0% в дерново-подзолистую среднесуглинистую почву с низкой влажностью ее острое фитотоксическое действие устраняется соответственно в 1,9, 1,5 и 1,4 раза быстрее, чем при загрязнении влажной почвы. При содержании нефти 13,0% и 16,7% в среднесуглинистой почве с низкой влажностью устранение фитотоксического действия происходит на 94 и 304 сутки эксперимента, соответственно, тогда как при поступлении нефти в вышеуказанных концентрациях во влажную почву фитотоксическое действие сохраняется и через год после ее загрязнения.

Эффективность минерализации нефтепродуктов в опытных вариантах с «воздушно-сухой» супесчаной почвой, содержащей 2,4 и 4,8% нефти, была на 29,5 и 26,4% выше, чем во влажной почве. При более высоком содержании нефти эффективность окисления поллютанта была примерно одинаковой. Отрицательное влияние высокой влажности в среднесуглинистой почве в вариантах с содержанием 4,8%, 16,7% и 20,0% нефти проявилось в снижении интенсивности минерализации нефтепродуктов на 13,6%, 17,1 и 22,3%, соответственно.

Устранение фитотоксического действия в супесчаной дерново-подзолистой почве при начальном содержании нефти 4,8% в исходно воздушно-сухом состоянии было зарегистрировано на 233 сутки, во влажном –

на 339 сутки инкубации. При более высоком содержании поллютанта токсическое действие сохранялось на протяжении всего эксперимента.

Эксперименты по изучению динамики фитотоксикологических характеристик дерново-подзолистых почв позволили построить ряд, оценивающий степень негативного воздействия нефти на изученные дерново-подзолистые почвы (в порядке уменьшения устойчивости и самоочищающейся способности): воздушно-сухая среднесуглинистая => влажная среднесуглинистая => воздушно-сухая супесчаная => влажная супесчаная.

### Литература

1. Рогозина Е. А., Шиманский В. К. Некоторые теоретические аспекты восстановления нефтезагрязненных почвенных экосистем // Нефтегазовая геология. Теория и практика: электронный журнал. 2007. № 2. 16 с.

2. Акайкин Д. В., Петров А. М. Влияние факторов среды на потенциал самоочищения нефтезагрязненных почв // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2018. С. 211–214.

3. ФР.1.39.2006.02264. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно загрязненных почв. СПб., 2009. 22 с.

4. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. М.: Стандартиформ, 2010.

5. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии. М., 2005. 18 с.

6. РД 39-00147105-006-97. Инструкция по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов, 1997.

## ГЕНОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Т. Н. Ажогина, Н. В. Гненная, М. И. Хаммами,  
И. С. Сазыкин, М. А. Сазыкина*

*Южный федеральный университет, tazhogina@svedu.ru*

Почвенный покров Земли является важнейшим компонентом биосферы. Сохранение биопродуктивности почвенных ресурсов в условиях активного развития сельскохозяйственного производства, промышленности и урбанизации возможно только при хорошо налаженном экотоксикологическом контроле. На территории Ростовской области практически не осталось земель, которые не испытывали бы антропогенное воздействие. Сократились площади наиболее ценных почв, уменьшился уровень плодородия всего почвенного покрова. Учитывая вышесказанное, проблема мониторинга загрязнения почв является весьма актуальной.

Важная роль в осуществлении экотоксикологического мониторинга отводится методам биотестирования. В частности, высокой экспрессности и производительности в тестировании качества природной среды позволяет достичь использование биолюминесцентных бактерий [1]. Применение био-

люминесцентных тестов дает возможность проводить первичный скрининг больших массивов природных образцов с целью выделения групп для последующего химического анализа [2, 3].

Целью данного исследования явилась оценка генотоксичности почв Ростовской области, расположенных в зонах рекреации.

Для исследования были отобраны 8 проб почв, находящихся в рекреационных зонах г. Ростова-на-Дону и г. Таганрога: на берегу Таганрогского залива, в Ботаническом саду (поляна, территория у родников им. Серафима Саровского и Водопадный), парк им. В. Черевичкина, парк Революции, поляна возле зданий ЮФУ (между пр. Стачки и НИИ Биологии ЮФУ), территория родника Гремучий г. Ростова-на-Дону. Пробы были отобраны методом конверта (4).

Для оценки генотоксичности почв были использованы цельноклеточные lux-биосенсоры *E. coli* MG1655 (pRecA-lux), *E. coli* MG1655 (pColD-lux). Для оценки интегральной токсичности был использован штамм *E. coli* MG1655 (pXen7-lux). Штаммы были любезно предоставлены И. В. Мануховым (ФГУП «ГосНИИГенетика»).

Мерой токсичности служил фактор индукции (I), рассчитываемый как отношение биолюминесценции опытной пробы к биолюминесценции контрольной пробы. При достоверном отличии опыта от контроля  $I < 2$ , обнаруженный токсический эффект оценивали как «слабый». При  $2 \leq I \leq 10$  – как «средний». При  $I > 10$  – как «сильный».

Результаты исследования с использованием штамма *E. coli* MG1655 (pXen7-lux) показали, что все исследованные образцы почв токсичны. Все пробы обладали слабой степенью токсичности. Максимальная степень токсичности зарегистрирована в почве, отобранной у родника Гремучий.

С помощью биолюминесцентного сенсорного штамма *E. coli* MG1655 (pColD-lux) в 6 из 8 исследованных проб был зарегистрирован генотоксический эффект слабой величины. Генотоксичность зарегистрирована в пробах почв, отобранных в следующих точках отбора: у родников им. Серафима Саровского, Водопадный, Гремучий, в парке Революции и парке им. В. Черевичкина, на поляне возле зданий ЮФУ. При этом все выявленные эффекты обусловлены присутствием прямых мутагенов. Максимальный генотоксический эффект, выявленный с помощью биосенсора *E. coli* MG1655 (pColD-lux), отмечен в у родника Водопадного (фактор индукции составил  $1,54 \pm 0,04$ ).

С помощью штамма *E. coli* MG1655 (pRecA-lux) также были обнаружены мутагенные вещества прямого действия в образцах почв, отобранных в Ботаническом саду (поляна, родники им. Серафима Саровского и Водопадный), на территории у родника Гремучий и в парке Революции. Максимальный генотоксический эффект зафиксирован в почве поляны Ботанического сада ЮФУ (фактор индукции  $1,74 \pm 0,01$ ).

Таким образом, практически во всех исследуемых образцах были обнаружены генотоксиканты. Обнаруженные генотоксические эффекты в зонах рекреации, скорее всего, объясняются индустриальным загрязнением горо-

дов. Основными загрязнителями территории г. Ростова-на-Дону и г. Таганрога являются автотранспорт, предприятия теплоэнергетики, машиностроения и стройиндустрии, а также суда воздушного транспорта.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (грант № 6.2379.2017/ПЧ), РФФИ (проект № 17-04-00787).*

#### **Литература**

1. Сазыкина М. А., Мирина Е. А., Сазыкин И. С. Использование биосенсоров для детекции антропогенного загрязнения природных вод // Вода: Химия и экология. 2015. № 10. С. 67–79.

2. Sazykin I. S., Sazykina M. A., Khmelevtsova L. E., Mirina E. A., Kudeevskaya E. M., Rogulin E. A., Rakin A. V. Biosensor-based comparison of the ecotoxicological contamination of the wastewaters of Southern Russia and Sourthern Germany // International Journal of Environmental Science and Technology. 2016. V. 13. № 3. P. 945–954.

3. Завильгельский Г. Б., Котова В. Ю., Манухов И. В. Сенсорные биолюминесцентные системы на основе lux-оперонов для детекции токсичных веществ // Химическая физика. 2012. Т. 31. №. 10. С. 15–15.

4. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почва. Методы отбора и подготовки проб почвы для химического, бактериологического и гельминтологического анализа».

### **ОСОБЕННОСТИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ОСТРОВА ПЕСЧАНЫЙ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА КАК ОДИН ИЗ КРИТЕРИЕВ ВКЛЮЧЕНИЯ ЕГО В СОСТАВ ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ**

*А. Б. Александрова, В. И. Кулагина, Д. В. Иванов, С. С. Рязанов,  
В. В. Маланин, А. А. Марасов, Э. Е. Паймикина*

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

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) являются объектами сохранения биологического разнообразия. В настоящее время природно-заповедный фонд Республики Татарстан образуют 181 ООПТ всех уровней общей площадью 383,902 тыс. га [1]. В их числе:

– 2 ООПТ федерального значения: ФГБУ «Национальный парк «Нижняя Кама» и ФГБУ «Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник» общей площадью 36,68 тыс. га;

– 176 ООПТ регионального значения общей площадью 331,355 тыс. га: 143 памятника природы площадью 21,53 тыс. га, 25 государственных природных заказников комплексного (ландшафтного) профиля площадью 82,83 тыс. га и 8 государственных природных зоологических (охотничьих) заказников площадью 238,89 тыс. га.

– 3 ООПТ местного значения общей площадью 3931,5 га.

Среди природных территорий Республики Татарстан выделяются три заказника комплексного профиля «Свияжский», «Спасский», «Чистые луга», представляющие собой островные экосистемы Куйбышевского водохрани-

лица, высокий природоохранный статус которых обусловлен биологическим разнообразием и высокой продуктивностью популяций животных и растений, обитающих на соответствующих типах почв. Территория природного заказника «Свияжский», как и заказника «Спасский», включает в себя систему островов Казанского района переменного подпора Куйбышевского водохранилища [2]. Почвенный покров заказника «Свияжский» формируется на материковой части и островах-останцах надпойменной террасы р. Волга и представлен зональными и азональными почвами. Ранее в работах [3, 4] отмечалось, что почвенный покров природных заказников довольно разнообразен, но он не охватывает всего спектра зональных и азональных почв. Данный факт подтверждается и для заказника «Свияжский», на территории которого аллювиальные почвы представлены не во всем многообразии.

В связи с этим в настоящее время актуально исследование почвенного разнообразия островов Куйбышевского водохранилища для развития региональной сети ООПТ. Необходимо выявлять новые островные территории, придавать им статус ООПТ или включать их в состав уже существующих ООПТ.

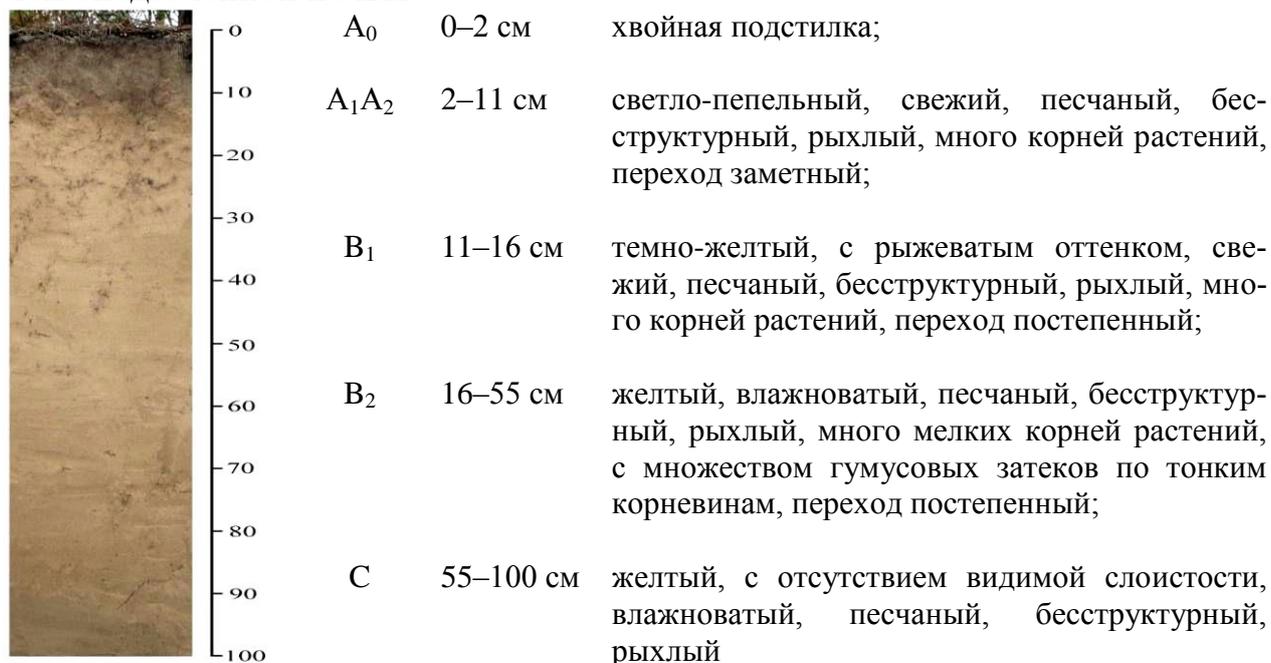
В соответствии с этим, целью работы было исследовать острова Куйбышевского водохранилища на предмет почвенного разнообразия и выявить уникальные почвенные индивидуумы и рекомендовать их к включению в ООПТ, в частности в природный заказник «Свияжский».

Объектом исследования в 2018 г. в рамках темы «Инвентаризация и экологическая оценка природных ресурсов островов Куйбышевского водохранилища в пределах Республики Татарстан» были почвы островов Казанского района переменного подпора Куйбышевского водохранилища. Было обследовано 325 островов, однако вследствие высокого уровня воды почвенная съемка проводилась только на 58 островах. Было заложено 80 почвенных разрезов. Описание морфологических свойств почв проводилось по Классификации [5].

Результаты исследования показали, что среди всех исследованных островов Казанского района переменного подпора Куйбышевского водохранилища, выделенных в границах Зеленодольской системы островов, наибольший интерес представляет остров 71 («Песчаный»). Это пойменный остров вытянутой с северо-запада на восток формы, с извилистыми берегами, с протокой в восточной и болотами – в центральной частях острова, с чередующимися участками густой и изреженной древесно-кустарниковой растительности. На данном острове сохранились участки, на которых формируются редкие для региона аллювиальные дерновые оподзоленные почвы, а также аллювиальные дерновые слоистые почвы, которые были обследованы ранее и выделены в категорию азональных эталонов Красной книги почв Республики Татарстан [6]. Также стоит отметить близкое расположение острова 71 к границам заказника «Свияжский».

Характерной особенностью аллювиальных дерновых кислых оподзоленных почв является приуроченность их к вершинам песчаных грив, высота

которых достигает 4–5 м над уровнем воды. Ареал почв захватывает бывшую высокую пойму, которая после образования водохранилища вышла из режима периодического затопления и условия развития почв на данном острове постепенно приближаются к условиям генезиса зональных дерново-подзолистых почв. Аллювиальные дерновые кислые оподзоленные почвы формируются под сосновыми фитоценозами со злаковым травянистым покровом. Приведем описание почвенного профиля аллювиальной дерновой кислой оподзоленной почвы.



Почвенный профиль аллювиальной дерновой кислой оподзоленной почвы хорошо дифференцирован на горизонты. Под слоем хвойного опада (2 см) залегает светло-пепельный гумусовый горизонт мощностью 9 см с хорошо выраженной белесоватостью по всему горизонту, заметно переходящий в темно-желтый, с большим количеством корней растений горизонт В, залегающий на глубине 55 см на желтом, без видимой слоистости, песчаном аллювии.

Вышеописанные морфологические свойства почв были диагностированы на территории единственного в архипелаге системы пойменных островов Куйбышевского водохранилища – острове «Песчаный». Данный остров представляет собой классический пример формирования азональных почв, морфологический облик которых постепенно трансформируется в близкий к представителям зональных почв, в почвенном профиле которых хорошо выражены процессы оподзоливания.

Таким образом, развитие необычных для региона аллювиальных дерновых кислых оподзоленных почв, а также азональных эталонов Республики Татарстан – аллювиальных дерновых слоистых почв, кроме того – близкое расположение к границам уже существующего заказника, позволяет нам рекомендовать остров 71 («Песчаный») Казанского района переменного подпо-

ра Куйбышевского водохранилища для включения в состав Государственного природного заказника регионального значения комплексного профиля «Свияжский».

### Литература

1. Особо охраняемые природные территории Республики Татарстан URL: <http://ojm.tatarstan.ru/rus/oopt-reestr-perechen.htm> (дата обращения 11.03.2019).
2. Государственный реестр особо охраняемых природных территорий в Республике Татарстан. Издание второе. Казань. Изд-во Идел-Пресс. 2007. 408 с.
3. Кулагина В. И., Григорьян Б. Р., Александрова А. Б., Иванов Д. В., Рязанов С. С., Рупова Р. Х., Солодникова О. М. Оценка представленности основных типов почв Республики Татарстан в сети особо охраняемых территорий // Российский журнал прикладной экологии. 2017. № 3. С. 33–36.
4. Григорьян Б. Р., Кулагина В. И., Сахабиев И. А., Рязанов С. С. ООПТ как способ сохранения эколого-биологического и почвенного разнообразия Республики Татарстан // Устойчивое развитие регионов: опыт, проблемы, перспективы: Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 28–31.
5. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колосс, 1977. 224 с.
6. Александрова А. Б., Бережная Н. А., Григорьян Б. Р., Иванов Д. В., Кулагина В. И. Красная книга почв Республики Татарстан / Под ред. Д. В. Иванова. Казань: Фолиант. 2012. 192 с.

## ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ г. КРУШЕВАЦ (РЕСПУБЛИКА СЕРБИЯ) ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

*А. Симиц, А. С. Леонтьева, Г. И. Березин*

*Вятский государственный университет, avrams87@yahoo.com*

Одной из важных проблем в современной экологии является разработка комплекса мер по оценке и последующей стратегии ремедиации почв, загрязненных различными токсическими веществами. Одним из приоритетных загрязнителей почв являются тяжелые металлы (ТМ) [1]. На сегодняшний день к ТМ относят более 40 металлов периодической системы Д. И. Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. [2]. Источники эмиссии ТМ в объекты окружающей среды весьма разнообразны: они поступают с выбросами предприятий, транспорта, сточными водами, минеральными удобрениями, средствами защиты растений. ТМ при попадании в почву включаются в биогеохимические круговороты, подвергаются процессам сорбции, миграции, поглощаются растениями и могут мигрировать дальше по пищевым цепям, накапливаясь в живых организмах. Для городов с многопрофильной промышленностью характерно присутствие в окружающей среде не отдельного загрязнителя, а ассоциации тяжелых металлов, способных оказывать комбинированное действие на организм, при котором может наблюдаться как суммирование эффектов, так и их потенцирование [3]. Большой интерес представляет исследование уровня загрязнения почв ТМ старых европейских городов, так как за их мно-

говековую историю эти поллютаны могли аккумулироваться в почвах. Одним из таких городов является Крушевац в республике Сербия, основанный в 1371 году – средневековая столица Сербии. В настоящее время население города составляет более 75 тысяч человек. Несмотря на относительно небольшие размеры, Крушевац – промышленный центр в своем округе с развитой металлообрабатывающей (предприятие «14 октобар») и химической индустрией (предприятия: ХИ «Жупа», «Мерима», «Трауал»). Здесь есть фабрика алкогольных и безалкогольных напитков «Рубин», а также около 1200 частных предприятий.

Целью нашего исследования стало изучение содержания подвижных и валовых форм таких распространенных ТМ как медь, цинк, свинец, никель и кадмий в почвах различных функциональных зон города Крушевац (рис.).

Всего было отобрано 5 смешанных образцов почв с глубины 0–5 см в разных районах города. Исследуемые участки представляли зоны города с разной функциональной нагрузкой:

- рекреационную (Пионерский парк, участок № 1 и Парк Багдала, участок № 4).
- промышленную зону (участок № 3 в промзоне возле моста через реку Расина),
- жилую (центр города, где находится Старый город, участок № 5),

В качестве контрольного участка был выбран лесной участок за городом на берегу реки Расина, выше по течению (участок № 2).

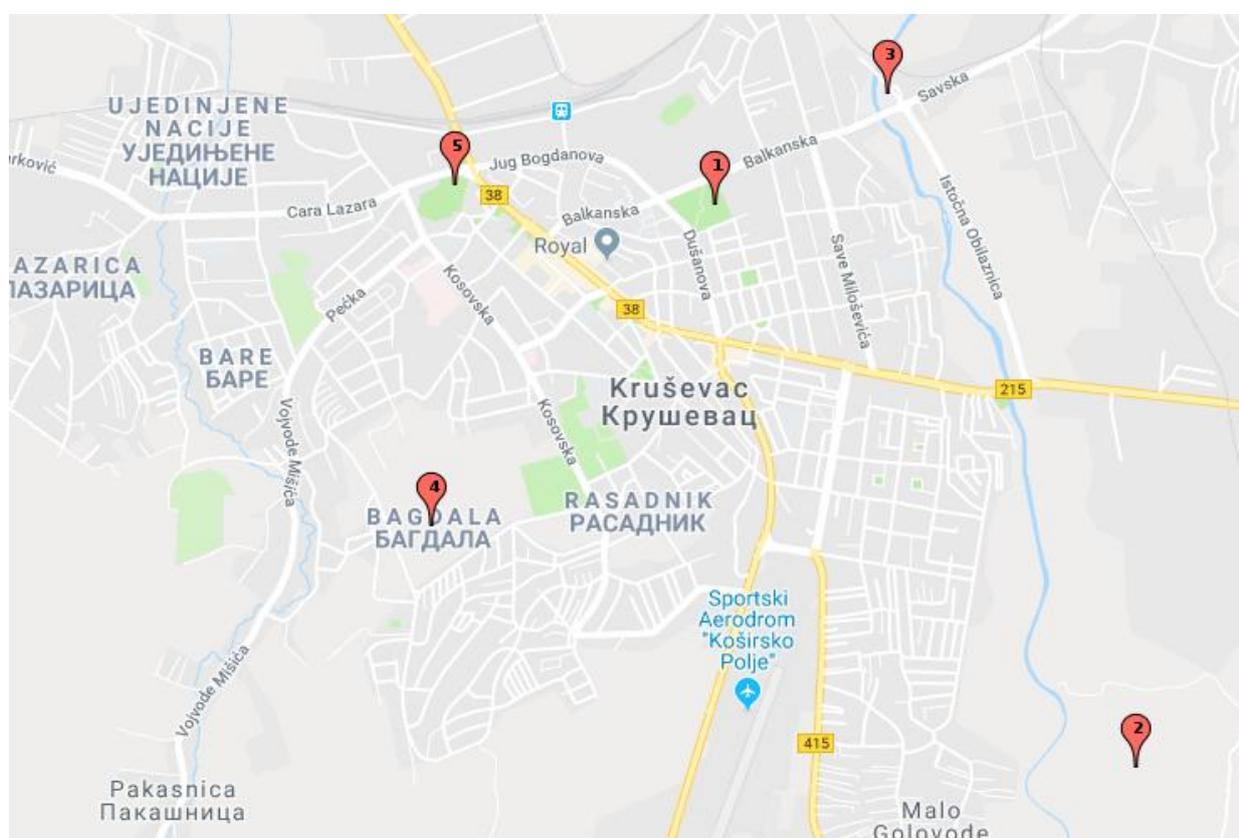


Рис. Участки отбора почвенных образцов

Определение массовых долей металлов (меди, цинка, никеля, кадмия и свинца) проводили атомно-абсорбционным методом [4]. Определяли содержание как валовых, так и подвижных форм тяжелых металлов. Валовое содержание отражает общее накопление ТМ в почве, включая все многообразие форм элемента. Исследование подвижных форм тяжелых металлов представляет наибольший интерес, так как именно они, находясь в почвенном растворе, воздействуют на растения и почвенный эдафон.

Результаты определения подвижных форм ТМ в почвах г. Крушевац представлены в таблице 1.

Таблица 1

### Содержание подвижных форм ТМ

Участок отбора образцов (зона города)	Содержание элемента, мг/кг				
	Cu	Pb	Zn	Ni	Cd
1 (рекреационная)	0,20±0,06	0,73±0,18	1,48±0,49	1,83±0,51	<b>0,040±0,012</b>
2 (контроль)	0,23±0,06	0,62±0,15	2,34±0,77	2,03±0,57	<0,01
3 (промышленная)	<b>0,44±0,12</b>	<b>4,0±0,8</b>	<b>8,87±2,93</b>	<b>2,11±0,59</b>	<b>0,090±0,027</b>
4 (рекреационная)	<b>0,26±0,07</b>	1,08±0,23	1,53±0,50	<b>2,53±0,71</b>	<b>0,060±0,018</b>
5 (жилая)	<b>0,59±0,16</b>	0,78±0,20	1,03±0,34	0,85±0,35	<b>0,040±0,012</b>
ПДК [5]	3	6	23	4	-

По результатам определения содержания подвижных форм ТМ в почвах г. Крушевац превышения уровня ПДК не выявлено, однако относительно уровня содержания ТМ в почве контрольного участка (№ 2) сильнее всего выделяется участок № 3 (промышленная зона), где наблюдается превышение содержания всех определяемых ТМ относительно контрольных значений.

Таблица 2

### Содержание валовых форм ТМ

Участок отбора образцов	Содержание элемента, мг/кг				
	Cu	Pb	Zn	Ni	Cd
1 (рекреационная)	16,0±3,7	24,4±5,1	51,0±16,8	<b>94,2±26,4</b>	0,12±0,04
2 (контроль)	18,5±4,2	31,1±6,5	60,0±19,8	91,4±25,6	0,25±0,06
3 (промышленная)	<b>29,8±6,9</b>	<b>87,1±18,3</b>	<b>124±41</b>	<b>124±35</b>	<b>0,35±0,09</b>
4 (рекреационная)	13,3±3,1	<b>32,3±6,8</b>	39,0±12,9	43,6±12,2	0,110±0,033
5 (жилая)	17,2±4,0	17,1±3,6	45,0±14,9	70,8±19,8	0,080±0,024
ПДК (ОДК) [6]	33–66–132	32	55–110–220	20–40–80	0,5–1–2

При определении валовых концентраций ТМ в почвах (табл. 2) были обнаружены превышения уровней ПДК (ОДК) Pb в 2,7 раза и Ni в 1,6 раза на участке № 3 (промышленная зона). Относительно уровня содержания ТМ в почве контрольного участка (№ 2), аналогично с содержанием подвижных форм ТМ выделяется участок № 3 по всем определяемым нами элементам.

Таким образом, в результате нашего исследования были определены уровни загрязнения ТМ различных функциональных зон г. Крушевац, при этом вызывает опасения уровень загрязнения промышленной зоны (участок № 3), где наблюдается превышения ПДК (ОДК) по валовому содержанию Pb

и Ni, а также повышенное содержание валовых и подвижных форм элементов по сравнению с контрольным участком. Это может быть обусловлено высокой техногенной нагрузкой на данной территории из-за деятельности расположенных там промышленных предприятий.

#### Литература

1. Добровольский В. В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение. 1997. № 4. С. 431–441.
2. Теплая Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 1 (23). С. 182–192.
3. Митрохин О.В. Оценка транслокального загрязнения как составная часть социально-гигиенического мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. 2001. № 9. С. 11–14.
4. ФР.1.31.2012.135739. Методика выполнения измерений массовых долей токсичных металлов в пробах почв атомно-абсорбционным методом. М., 2012. 15 с.
5. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М., 2006. 16 с.
6. ГН 2.1.7.2511-09 Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М., 2009. 12 с.

#### КОНТАМИНАЦИЯ ПОЧВЫ ОРГАНИЧЕСКИМИ УДОБРЕНИЯМИ

*Л. В. Пилип<sup>1,2</sup>, Г. И. Черных<sup>1</sup>, И. А. Мелентьева<sup>1</sup>, Т. А. Адамович<sup>1</sup>*

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

*<sup>2</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
[pilip\\_larisa@mail.ru](mailto:pilip_larisa@mail.ru)*

Одной из главных причин дестабилизации экологической обстановки вокруг свиноводческих комплексов является широкое использование несовершенных, ресурсозатратных и экологически необоснованных технологий производства продукции и утилизации отходов производства. Основным источником загрязнения, поступающего от свиноводческих комплексов в окружающую среду, является навоз. Главным способом утилизации бесподстилочного навоза остается его использование в качестве удобрения, причем, преимущественно на территории, находящейся в непосредственной близости от места расположения свинокомплекса. Транспортировка жидкого свиного навоза на дальние расстояния экономически не оправдана, требует значительного количества техники, затрат труда и денежных средств [1–3]. В соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов (ФККО) свежий свиной навоз относится к III классу опасности. Многократное использование свежих навозных стоков в качестве удобрения вызывает деградацию, микробиологическую и паразитологическую контаминацию почвы, загрязнение и гибель растений, подземных источников и водоемов, а также воздуха дурно пахнущей летучей органикой и распыленными в газообразной среде микроорганизмами [4, 5].

Целью исследований явилось установление степени воздействия свежего свиного навоза на почву.

Объектом исследования явились образцы почвы, отобранные в соответствии с методикой отбора почвы. Опытную пробу составили образцы почвы, отобранные непосредственно на полях, принадлежащих одному из крупных свиноводческих хозяйств г. Кирова непосредственно после глубокого внутривпочвенного внесения свежего бесподстилочного навоза. Контролем служили пробы почвы без внесения навоза.

При анализе определяли такие свойства почв как фракционный состав и скелетность, механический состав, окраску, структуру, водопрочность. Реакцию почвенной вытяжки определяли потенциометрическим методом в соответствии с ГОСТом 26483-85; степень насыщенности почв основаниями титриметрическим методом; подвижный калий – по методу Пейве; подвижный алюминий – по методу Соколова; содержание органического вещества – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО; аммонийного азота – методом ЦИНАО; каталазную активность почвы по измерению скорости распада перекиси водорода.

Свиной навоз, вносимый в качестве органического удобрения, оказывает влияние на физические (табл. 1) и агрохимические (табл. 2) показатели почвы, а в конечном итоге на ее плодородие и успешность ведения земледелия и растениеводства.

Таблица 1

**Физические свойства почвы**

№ п/п	Показатель	Опытная проба	Контрольная проба
1.	Фракционный состав, %	Преобладают частицы более 10 мм – 32,5%	Преобладают частицы размера 1,2x20 – 15,61%
2.	Почвенный скелет (скелетность) %	85,38	49,72
3.	Механический состав	Тяжелая суглинистая	Легкая суглинистая
4.	Окраска	Светло-бурая	Светло-бурая
5.	Водопрочность	Водопрочная	Водопрочная
6.	Структура	Комковатая	Комковатая

Анализ физических свойств почвы показал (табл. 1), что опытная и контрольная пробы почв относятся к малопродуктивным сильноскелетным, о чем свидетельствуют показатели почвенного скелета, фракционного состава и структуры.

При этом опытная проба имеет более высокие, худшие по сравнению с контрольной пробой показатели скелетности (85,38% против 49,72%) и фракционного состава (преобладают более крупные частицы).

По величине рН водной вытяжки опытные пробы почвы характеризуются слабокислой реакцией среды в отличие от контрольных проб (установлено увеличение щелочности до практически нейтрального значения 7,1). Значения рН солевой вытяжки обозначили увеличение потенциальной ки-

слотности до 4,8 в опытных пробах, по сравнению с контрольной пробой – 6,6.

Таблица 2

**Агрохимические свойства почвы**

№ п/п	Показатель	Опытная проба	Контрольная проба
1.	рН водная	6,5±0,2	7,1±0,2
2.	рН солевая	4,8±0,2	6,6±0,2
3.	Сумма поглощенных оснований, мг*экв/100г	34,2	42,8
4.	Содержание К, мг К <sub>2</sub> O/100г	14	10,5
5.	Содержание Al, мг/100г	0,23	0,13
6.	Органическое вещество, %	4,7±0,5	3,5±0,5
7.	Обменный аммоний, мг/кг	0,027±0,0015	0,004±0,001
8.	Каталазная активность, см <sup>3</sup> O <sub>2</sub> /г·мин	0,9±0,2	4,6±0,4

Поглощенные основания определяют не только реакцию среды, но и питательный режим почвы в целом. Присутствие в почвенном растворе различных солей обуславливает обменные реакции между твердой и жидкой фазами почвы. Установлено, что одновалентные катионы в меньшей степени удерживаются почвой, и вследствие этого более доступны растениям, чем двухвалентные. Анионы также могут участвовать в обменных реакциях. Почвы обладают различной поглотительной способностью, что учитывается при выборе форм, доз и сроков внесения удобрений. Поглотительная способность почвы имеет важное значение для питания растений и процессов взаимодействия между почвой и вносимыми удобрениями. По сумме обменных оснований более насыщенными оказались контрольные пробы почв – 42,8 мг\*экв/100 г почвы по сравнению с опытной пробой (34,2 мг\*экв/100 г почвы).

Внесение навоза в почву сопровождается повышением содержания калия, что связано с повышением микробиологической активности и конкурентным биологическим поглощением. В контрольной и опытной пробах зафиксировано высокое содержание калия, однако в контрольной пробе значение находилось на нижней границе (10,5 мг/100г), а в опытной пробе на верхней границе (14,0 мг/100г) нормы. Свиной навоз не является существенным источником калия, однако оказывает косвенное влияние на повышение содержания обменного калия в почве.

На опытных почвах растения будут страдать не только от повышенной концентрации Н<sup>+</sup>, но и от повышенного содержания в них подвижного алюминия. Некоторые растения даже более чувствительны к повышенной концентрации подвижного алюминия в почве, чем к концентрации Н<sup>+</sup> (ячмень, лен), что влияет на плодородие почвы. Так опытная проба почвы содержит в 1,8 раза больше алюминия, чем контрольная.

Опытная проба более богата органическим веществом в 1,3 раза по сравнению с контрольной пробой, что обусловлено внесением навоза. Кроме

того, свиной навоз способствовал накоплению обменного аммония – 0,027 мг/кг против 0,004 мг/кг в контрольной пробе.

Чувствительным показателем изменения состояния окружающей среды, отражающим почвенный «метаболизм», является ферментативная активность почвы, основанная на измерении скорости распада перекиси водорода при взаимодействии ее с почвой. Свежий свиной навоз оказывал токсическое воздействие на микроорганизмы почвы, при этом снижалась их ферментативная активность, в том числе по производству ферментов класса оксидоредуктазы, участвующих в окислительно-восстановительных процессах. Величины каталазной активности опытных проб почвы оказались ниже, чем аналогичные показатели контрольных проб в 5 раз.

Внесение свежего свиного навоза в почву сельскохозяйственных угодий приводит к ухудшению некоторых физических и агрохимических показателей. Под влиянием свежего свиного бесподстилочного навоза ухудшались показатели суммы поглощенных оснований и каталазной активности. Выявлены повышенные значения содержания калия и алюминия, органического вещества и обменного аммония. При проектировании новых свиноводческих комплексов или реконструкции старых необходимо разработать пути утилизации свиного навоза безопасные с экологической точки зрения. Внесение свежего свиного навоза в почву сельскохозяйственных угодий является экономически оправданным, так как исключает транспортные издержки, но небезопасным с агрохимической и экологической позиций.

#### Литература

1. Башмаков Д. И., Лукаткин А. С. Аккумуляция тяжелых металлов некоторыми высшими растениями в разных условиях местообитания // Агрохимия. 2002. № 9. С. 66–71.
2. Гленцер Г. Л. Передовые технологии и оборудование для очистки производственных сточных вод. Новосибирск, 1999. 28 с.
3. Пилип Л. В., Черных Г. И., Мелентьева И. А., Фокина А. И. Исследование токсичности субстратов, загрязненных ацетатом свинца. Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. Киров: ВятГУ, 2018. С. 135–138.
4. Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Отходы свиноводческих комплексов – проблемы, пути решения // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. Киров: ВятГУ, 2017. С. 180–183.
5. Скрыльник Е. В., Розумная Р. А., Головачев Е. А. Влияние отходов животноводства и птицеводства на физико-химическое состояние черноземных почв // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям: Тезисы докл. Всерос. конф. М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН, 2002. С. 184–185.

## СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ ВБЛИЗИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА

*Е. С. Ушакова, Е. С. Соловьёва*

*Вятский государственный университет, usr21334@vyatsu.ru*

Предприятия металлургии являются одним из главных факторов загрязнения природной среды во многих промышленных городах России и мира в целом. Одним из компонентов геосистемы, формирующейся в условиях урбанизации, является почва [1]. Почвы являются эффективным поглотителем многих веществ, выбрасываемых в атмосферу. Постоянное поступление в окружающую среду металлургических выбросов способствует огромной аккумуляции в почвах, которые прилегают к территориям металлургических предприятий, различных токсикантов и загрязняющих веществ, а также ухудшению состояния почвы. При небольшом загрязнении гумусовые кислоты, содержащиеся в почве, способны инактивировать ТМ, закрепляя их; при этом стабилизируется органическое вещество и уменьшается подвижность ТМ [2]. С увеличением уровня загрязнения почвы начинается обратное влияние: изменяется состав гумуса, затем его содержание уменьшается, и ТМ переходят в подвижную форму. Во многих регионах Российской Федерации осуществляется геосистемный мониторинг окружающей среды, который включает оценку состояния почвы. Такие исследования должны распространяться и на малые города нашей страны. К ним относится г. Омутнинск Омутнинского района Кировской области. Крупным предприятием, имеющим особое социально-экономическое значение не только для Омутнинского района, но и для всей Кировской области, является АО «Омутнинский металлургический завод» (ОМЗ), который оказывает непосредственное влияние на все природные среды, включая почву [3].

Целью нашей работы стало определение кислотности и содержания органического вещества в образцах почвы, отобранной на территории г. Омутнинска Кировской области.

Для исследования в сентябре 2018 г. были отобраны образцы почв с глубины 0–10 см с различных участков на территории г. Омутнинска, а также вблизи ОМЗ. Всего было выбрано 16 участков: четыре участка в западной части города, три участка в северо-восточной части города, три участка в восточной части, пять участков в округе ОМЗ и фоновый участок. Каждый участок характеризовался пятью пробами почвы, из которых для анализа составлялся смешанный образец. В качестве фоновой была взята проба почвы с участка на территории санатория «Лесная сказка», который располагается в 1,5 км от г. Омутнинска в лесном массиве (рис.).

Определение кислотности почвы было проведено потенциометрическим методом. Определение органического вещества в образцах почвы проводилось по методу Тюрина [4]. Результаты исследований образцов почвы представлены в таблице.

Кислотность почвенных вытяжек составляет от 5,6 до 8,1 ед. рН. Почвы относятся к категории от слабокислых до слабощелочным. Исключение составил образец № 8 (рН = 8,1), отобранный в северо-восточной части города. Щелочная среда является неблагоприятной для растений, т. к. некоторые микроэлементы переходят в нерастворимые формы и становятся недоступными для растения.



Рис. Карта-схема расположения участков отбора проб почвы в г. Омутнинске. Цифрами отмечены номера участков

С другой стороны в загрязненных почвах нейтральная или слабощелочная среда почвенного раствора является благоприятной для связывания ТМ, т. к. металлы переходят в нерастворимые формы и осаждаются в почве, что уменьшает опасность этих соединений для живых организмов.

Таблица

**Показатели состояния исследуемых почв**

Участок исследования	№ участка	Кислотность почвы, ед. рН	С <sub>орг</sub> , %
	1	3	4
Фон	1	6,5 (нейтральная)	5,3±0,5
Западная часть города	2	7,5 (слабощелочная)	10,3±1,0
	3	7,1 (слабощелочная)	12,7±1,3
	4	6,6 (нейтральная)	9,8±1,0
	5	7,0 (нейтральная)	6,4±0,6
Северо-восточная часть города	6	7,5 (слабощелочная)	10,9±1,1
	7	7,3 (слабощелочная)	10,9±1,1
	8	8,1 (щелочная)	12,5±1,3

## Окончание таблицы

1	2	3	4
Восточная часть города	9	6,8 (нейтральная)	7,7±0,8
	10	7,1 (слабощелочная)	5,2±0,5
	11	6,8 (нейтральная)	12,4±1,2
Округа ОМЗ	12	7,5 (слабощелочная)	12,0±1,2
	13	7,4 (слабощелочная)	12,1±1,2
	14	7,2 (слабощелочная)	10,5±1,1
	15	7,5 (слабощелочная)	14,3±1,4
	16	5,6 (слабокислая)	10,0±1,0

Содержание органического вещества в исследованных образцах почв г. Омутнинска составляет от 5,2 до 14,3%. Высокое содержание органического вещества характерно для городских почв. Наименьшее содержание органического вещества выявлено на участке № 10 в восточной части города и на участке № 1 (фоновая проба). Наибольшее содержание органического вещества определено в точке № 15 вблизи ОМЗ. Высокое содержание органического вещества способствует связыванию ТМ в почве.

Таким образом, почвы г. Омутнинска имеют в основном нейтральные и слабощелочные значения рН и отличаются от зональных почв высоким содержанием органического вещества, что характерно для городских почв.

#### Литература

1. Ефремова В. А., Дабах Е. В., Кондакова Л. В. Химико-биологическая оценка состояния городских почв // Сибирский экологический журнал. 2013. С. 741–750.
2. Водяницкий Ю. Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор) // Почвоведение. 2013. № 7. С. 872–881.
3. Ушакова Е. С. Способ очистки почв, содержащих тяжелые металлы, с помощью растений-гипераккумуляторов // Современные научные исследования и разработки. 2018. № 12 (29). С. 605–606.
4. Минеев В. Г. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
5. Конышева Е. Н., Коротченко И. С. Влияние тяжелых металлов и их детоксикантов на ферментативную активность почвы // Вестник Красноярского государственного аграрного университета 2011. № 1. С. 114–119.

## СЕКЦИЯ 4 ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

### ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ БЕЛГОРОДСКИЙ 100

*С. А. Емелев, А. В. Помелов, М. В. Черемисинов, Г. П. Дудин*  
ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,  
*k-selex@vgsha.info*

Возделывание культурных растений связано с использованием различных химических веществ (удобрений, пестицидов, регуляторы роста и т. д.). В сельскохозяйственном производстве основными источниками загрязнения являются минеральные и органические удобрения, пестициды, которые применяются при повышенных нормах и дозах, а также при не соблюдении научно-обоснованных норм.

Во всем мире, в том числе и в России, в последнее время значительно вырос интерес к проблемам микробиологии в сельском хозяйстве. Особое внимание привлекают микробиопрепараты полифункционального действия. Основой микробиологических препаратов служат живые культуры микроорганизмов и продукты их метаболизма. Биопрепараты являются стимулятором корнеобразования (развитие мощной корневой системы) и роста растений, повышают устойчивость растений к болезням путем подавления фитопатогенной микрофлоры, улучшают качество урожая за счет увеличения в них витаминов, белка и незаменимых аминокислот. Инокулянты стимулируют увеличение биомассы растений по фазам вегетации, при этом характер их действия определяется видом используемого препарата, а также штаммом микроорганизмов и сортовыми особенностями растений [1].

На кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии выявлено мутагенное [2], рострегулирующее и фунгицидное действие на ячмене биопрепаратов на основе ризосферных бактерий из рода *Pseudomonas* и *Bacillus* [3, 4], цианобактерий [5] и недостаточно изучено влияние на растения ячменя микробиологических жидких удобрений на основе ризобактерий из рода *Azotobacter*.

В биологической лаборатории филиала Россельхозцентра по Кировской области в настоящее время выпускаются микробиологические препараты: ризоагрин Б, флавобактерин, псевдобактерин-2, ж, микробиологическое фосфорное удобрение и азолен, Ж в жидкой форме.

Компания «Промышленные Инновации» (г. Новомосковск Тульская область) производит микробиологические удобрения азотовит и фосфатовит в жидкой форме [6].

В опыте использовали цианобактерии из музея кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии *Fischerella muscicola*, *Nostoc paludosum*, *N. linckia*, *Microchaeta tenera*.

*Цель исследования* – изучить влияние микробиологических препаратов в жидкой препаративной форме на рост и развитие растений ярового ячменя.

Лабораторные исследования проводились на яровом ячмене сорта Белгородский 100 урожая 2017 г. Семена обрабатывали в день посева в соответствии с вариантами опыта, приведенными в таблице 1. Концентрация препаратов взята из расчета 1 л/т при наиболее распространенных значениях титра препаратов, поступающих в продажу:

- ризоагрин Б (титр  $2-3 \cdot 10^9$  кл./мл);
- псевдобактерин-2, ж (титр  $2 \cdot 10^9$  кл./мл);
- флавобактерин (титр  $2-4 \cdot 10^9$  кл./мл);
- микробиологическое фосфорное удобрение (МБФУ) (титр  $2-3 \cdot 10^9$  кл./мл);
- азолен, Ж (титр  $4-8 \cdot 10^9$  кл./мл);
- азотовит (титр  $5 \cdot 10^9$  кл./мл);
- фосфатовит (титр  $0,12 \cdot 10^9$  кл./мл).

Расход рабочей жидкости 20 л/т семян. В контрольном варианте семена сорта Белгородский 100 обрабатывали водой из расчета 20 л/т.

Сорт Белгородский 100, созданный в ОАО НПФ «Белселект», является стандартом для ярового ячменя Кировской области. Раннеспелый, высокая урожайность, хорошие качественные показатели, засухоустойчивость. Включен в список ценных по качеству сортов.

Полевые эксперименты проводились в 2018 году на опытном поле «Кропачи» Вятской ГСХА. Почвы участка, на котором проводились исследования, дерново-подзолистые среднесуглинистые.

В первом поколении ( $M_1$ ) в каждом варианте обрабатывалось и высевалось по 500 зерен (125 зерен в каждом повторении). Варианты размещены в 4-х кратной повторности. Посев проводился вручную на делянки площадью  $1 \text{ м}^2$ , расстояние между рядками – 15 см, между семенами в рядке – 4 см. Размещение делянок систематическое (ступенчатое) в два яруса. В  $M_1$  определяли чувствительность растений ячменя сорта Белгородский 100 на воздействие изучаемых факторов, используя такие показатели: учет густоты стояния и выживаемости растений ячменя, осуществляли фенологические наблюдения. После уборки у 40 растений с каждого варианта анализировали элементы структуры продуктивности.

Для оценки изменчивости количественных признаков определяли основные статистические характеристики, существенность различий между вариантом и стандартом устанавливали с помощью критерия Стьюдента [7].

*Результаты исследований* показали, что изучаемые препараты оказали стимулирующее действие на полевую всхожесть семян и выживаемость растений сорта Белгородский 100 (табл. 1). При этом достоверное увеличение полевой всхожести семян по сравнению с контролем отмечено в большинстве

вариантов опыта, кроме обработки семян препаратами флавобактерин и фосфатовит. Наибольшее значение данного показателя у ячменя Белгородский 100 отмечено под влиянием препарата азотовит – 71,2%.

Реакция на выживаемость растений сорта Белгородский 100 несколько отличалась от полевой всхожести. Достоверное увеличение этого показателя по сравнению с контролем наблюдалось только в шести вариантах опыта. Наибольшая выживаемость растений была отмечена под влиянием препарата азотовит – 66,0%.

Таблица 1

**Полевая всхожесть семян и выживаемость растений ячменя сорта Белгородский 100**

Вариант	Количество			
	проросших семян		выживших растений	
	абс.	% к высеянному	абс.	% к взошедшим
Контроль с.з.(20л/т)	318	63,6	290	58,0
Ризоагрин	340	68,0	310	62,0
Псевдобактерин-2,Ж	344	68,8	308	61,6
Флавобактерин	334	66,8	302	60,4
МБФУ	343	68,6	305	61,0
Гумат +7	349	69,8	311	62,2
Азолен Ж	336	67,2	302	60,4
Азотовит	356	71,2	330	66,0
Фосфатовит	334	66,8	298	59,6
Цианобактерии	341	68,2	306	61,2
НСР <sub>0,95</sub>	17,0	—	14,8	—

По результатам анализа элементов структуры продуктивности растений ячменя сорта Белгородский 100 отмечено: общая и продуктивная кустистость растений достоверно ниже контроля под действием препаратов ризоагрин Б и Азотовит (табл. 2). Остальные варианты опыта оказывают очень слабое стимулирующее влияние на кустистость, особенно фосфатовит.

По показателю «длина стебля» наблюдается такая картина: препараты ризоагрин Б, псевдобактерин-2,Ж, гумат +7, фосфатовит, цианобактерии привели к существенной стимуляции этого показателя до 62,2...68,2 см, по сравнению с контролем (57,6 см).

Достоверное увеличение длины колоса отмечено при использовании ризоагрин Б и цианобактерий на 0,4...0,7 см.

А так как показатели «число колосков в колосе» и «число зерен в колосе», а зачастую и «масса зерна с колоса» в целом зависимы от «длины колоса», то по ним наблюдается корреляция данных. Существенное увеличение числа колосков и зерен в колосе выявлено при обработке семян ризоагрин Б и псевдобактерин-2,Ж. Препараты фосфатовит и цианобактерии сильно снижают значение данных числа колосков и зерен в колосе.

Достоверных отклонений по «массе зерна с колоса» не наблюдалось. Максимальное значение данного показателя отмечено под воздействием ризоагрин Б и псевдобактерин-2,Ж.

Таблица 2

**Характеристика элементов структуры продуктивности растений ячменя**

Вариант опыта	Показатели						
	кустистость		длина		количество		масса зерна
	общая	продуктивная	стебля	колоса	колосков	зерен	
Контроль с.з.(20л/т)	2,5	2,0	57,6	5,9	18,8	18,1	0,87
Ризоагрин Б	2,9*	2,5**	62,2**	6,3*	20,0**	19,1*	0,92
Псевдобактерин-2,Ж	2,6	2,1	68,2***	6,2	20,0**	18,9*	0,92
Флавобактерин	2,6	2,2	54,9*	5,9	18,9	18,0	0,87
МБФУ	2,6	2,2	56,7	5,9	18,3	17,6	0,85
Гумат +7	2,5	2,1	66,4***	6,1	19,0	17,6	0,85
Азолен Ж	2,6	2,2	58,3	6,2	19,3	18,1	0,88
Азотовит	2,7	2,4*	55,6	6,1	18,6	17,9	0,87
Фосфатовит	2,4	1,9	62,5***	5,9	17,9	17,0*	0,82
Цианобактерии	2,5	2,0	66,2***	6,8***	17,7*	17,3	0,83

*Примечание:* различия достоверны при уровне вероятности: \* –  $P > 0,95$ ; \*\* –  $P > 0,99$ ; \*\*\* –  $P > 0,999$ .

У сорта Белгородский 100 было выявлено достоверное стимулирующее действие препарата ризоагрин Б и не сколько в меньшей степени псевдобактерин-2,Ж на большинство изучаемых показателей. У цианобактериального препарата есть интересная особенность – стимуляция дины стебля и колоса ячменя, но не приводящая к увеличению продуктивности растений этой культуры.

Реакцию растений ярового ячменя оценивали и с помощью среднего суммарного показателя депрессии (D,%) – стимуляции (St,%). Этот метод подсчета нивелирует существующую вариацию выраженности любого количественного признака и дает объективный показатель разницы между сравниваемыми вариантами [8]. Коэффициент депрессии (или стимуляции) рассчитывался по шести признакам: выживаемости растений, продуктивной кустистости, длине стебля и колоса, количеству зерен в колосе и массе зерна с колоса.

Большинство изученных биопрепаратов обладают стимулирующим эффектом на растения ярового ячменя сорта Белгородский 100. Наиболее выраженные положительные значения получены под влиянием псевдобактерин-2,Ж и ризоагрин Б – 5,9 и 7,9%, соответственно (рис. 1).

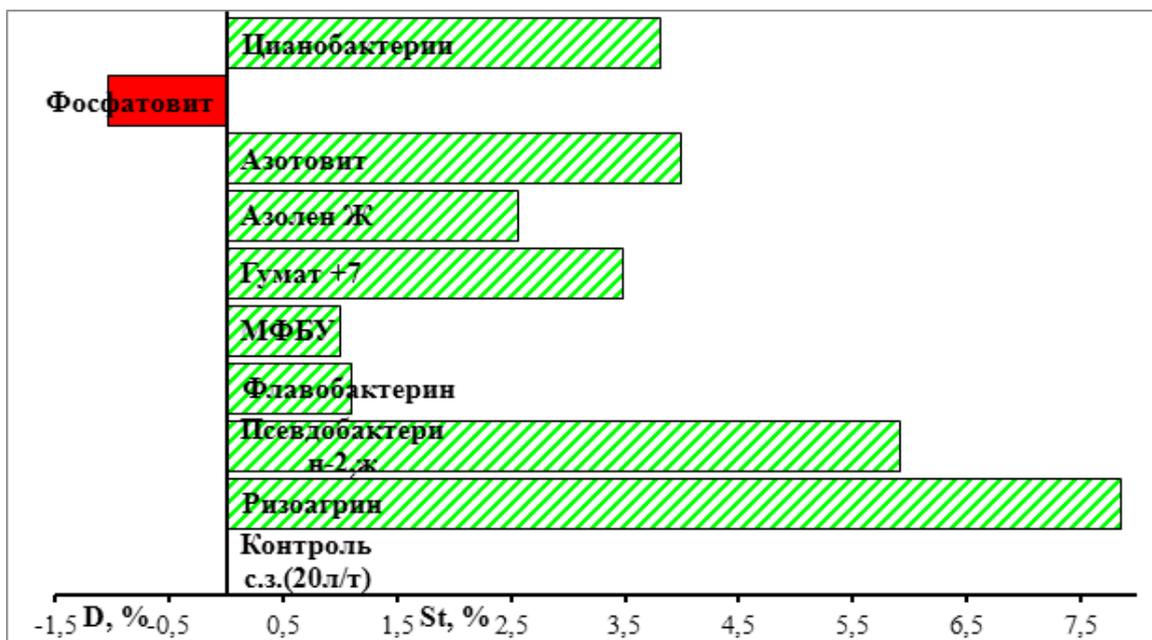


Рис. 1. Реакция растений ячменя сорта Белгородский 100

Группа биологических веществ: гумат +7, азолен Ж, азотовит, цианобактерии – обладают меньшей активностью, чем приведенные ранее – стимуляция составила 2,6 ... 4,0%.

Слабое влияние (как положительное, так и отрицательное) оказали микробиологическое фосфорное удобрение и фосфатовит. Что, по-видимому, связано с наличием в них макроэлемента «фосфор», который в первую очередь влияет не на развитие растений, а на формирование следующего поколения (его качества, а не количества).

Все препараты также стимулируют первоначальный рост растений ячменя, что подтверждено ранее проведенными лабораторными исследованиями [9]. Сорт Белгородский 100 обладает хорошей отзывчивостью на изучаемые бактериальные препараты: уровень стимуляции 1,0...7,9%.

Таким образом, применение биопрепаратов приводит к стимуляции прорастания семян, что особенно важно, когда семена сформировались в неблагоприятных условиях, особенно в условиях 2017 года.

На яровом ячмене, как сорта Белгородский 100, необходимо отдавать предпочтение препарату ризоагрин Б, так как он стимулирует формирование растений как на начальных этапах развития, так и на этапах формирования потомства, что способствует получению большего урожая ячменя.

### Литература

1. Завалин А. А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 9–11.
2. Помелов А. В., Дудин Г. П. Оценка мутантов ярового ячменя, полученных при обработке семян фунгицидами // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 2008. № 6. С. 26–31.
3. Черемисинов М. В., Помелов А. В., Дудин Г. П. Влияние химических и биологических препаратов на рост и развитие растений ячменя в М<sub>1</sub> // Науке нового века – знания молодых: Тезисы докладов 2-ой конф. аспирантов и соискателей. Киров: Вятская ГСХА, 2002. С. 34–36.

4. Помелов А. В., Дудин Г. П. Защитное и неспецифическое действие биофунгицидов на яровом ячмене // *Агро XXI*. 2009. № 7–9. С. 35–36.
5. Помелов А. В., Ковригин Ю. А., Трефилова Л. В. Влияние микробиологических препаратов на рост растений и развитие корневых гнилей ячменя // *Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 105-летию со дня рождения профессора Эмилии Андриановны Штиной*, 19–23 октября 2015 г. Киров: Вятская ГСХА, 2015. С. 227–231.
6. Микробиологическое удобрение Азотовит / [www.industrial-innovations.ru/products/](http://www.industrial-innovations.ru/products/)
7. Моисейченко В. Ф., Трифонова М. В., Заверюха А. Х. и др. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос, 1996. 336 с.
8. Володин В. Г., Лисовская З. И. Радиационный мутагенез у ячменя. Мн.: Наука и техника, 1979. 144 с.
9. Емелев С. А., Помелов А. В., Черемисинов М. В., Дудин Г. П. Реакция проростков ячменя на обработку семян биопрепаратами на основе ризобактерий // *Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2*. Киров: ВятГУ, 2018. С. 152–156.

## **БИОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРЕПТОМИЦЕТОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ МОЛДОВЫ**

*С. А. Бурцева, М. Н. Бырса, Ю. Н. Березюк, А. В. Васильчук,  
Н. Н. Киселица, О. А. Киселица*

*Институт микробиологии и биотехнологии, Республика Молдова,  
[burtseva.svetlana@gmail.com](mailto:burtseva.svetlana@gmail.com)*

Стрептомицеты широко распространены в природе. Они обнаруживаются в воздухе, водоемах, на разных растительных и животных остатках, но особенно их много в почве [1]. По мнению Красильникова, богатство почв актиномицетами не всегда сопровождается обилием антагонистов – таких форм, которые обладают способностью образовывать антибактериальные или антигрибные, т. е. антибиотические вещества на искусственных питательных средах в условиях лабораторного культивирования [2]. В современную биотехнологию вклад микробиологов реализуется организацией производства огромного разнообразия физиологически активных веществ с помощью штаммов – продуцентов витаминов, аминокислот, антибиотиков, ферментов, веществ с фитогормональной активностью и др. Поэтому так важно постоянное пополнение коллекций микроорганизмов – потенциальных продуцентов таких веществ новыми штаммами, изучение их особенностей, реализация новых методов культивирования их, обработка биомассы, изготовление новых препаратов и новых лекарственных форм [3]. Среди почвенных и ризосферных микроорганизмов имеется много представителей, стимулирующих прорастание семян и рост проростков. Этот эффект обусловлен сложным комплексом факторов, в который входят гормоны роста растений, витамины, липиды, антибиотики, некоторые аминокислоты и др. [4]. В ходе многолетних поисков из ризосферы различных растений были выделены актиномицеты, обладающие стимулирующими и антагонистическими свойствами, которые

были проверены в лабораторных опытах и подтверждены в полевых испытаниях [5].

Среди биологически активных веществ микробного происхождения липиды занимают особое место. Они участвуют в сложных метаболических процессах, синтезе многих важных компонентов клеточной стенки. Липиды широко используются в сельском хозяйстве, промышленности, медицине, фармакологии, ветеринарии [6].

Целью исследований было изучение способности выделенных из черноземов Молдовы штаммов стрептомицетов синтезировать вещества с антимикробными, фитостимулирующими свойствами, а также липиды.

Объектами исследований являлись штаммы стрептомицетов, выделенных из различных образцов черноземов и также загрязненных пестицидами центральной части Молдовы. Исследуемые штаммы стрептомицетов почв поддерживали на агаризованных средах Чапека с глюкозой, овсяном агаре. Посевной материал готовили на синтетической среде Дюлоне в течение 3 суток, затем пересевали в колбы с жидкой комплексной средой М-I (основной источник углерода и азота – кукурузная мука). Дальнейшее культивирование осуществляли в течение 5 суток при 27°C на вибростоле. Для получения комплекса экзометаболитов (ЭМ), биомассу отделяли от культуральной жидкости центрифугированием. Обработку семян томатов проводили водными растворами ЭМ (концентрация 0,5 и 1,0%). Внутриклеточные липиды экстрагировали из биомассы по модифицированному в лаборатории методу Фолча [7].

После того, как были открыты первые антибиотики у стрептомицетов (стрептомицин, мицетин, ауреомицин, тетраамицин и др.), возрос интерес и к другим представителям актиномицетов. Ценность микробной массы определяется не только наличием в ней белка с полным набором аминокислот, но и антибиотиков, и веществ с рострегулирующими свойствами.

Для определения антимикробных свойств выделенных из разных почвенных образцов стрептомицетов, были выбраны те штаммы, которые хорошо росли и спорулировали на 3 «классических» средах (КАА, овсяный агар, среда Чапека с глюкозой). Ниже представлены результаты определения антимикробной активности изучаемых штаммов по отношению к фитопатогенным бактериям, широко распространенным в Молдове (табл. 1).

По данным таблицы 1, четко прослеживаются отличительные особенности штаммов 2-го почвенного образца (чернозем типичный, мощный, тяжелосуглинистый, гумус – 2,6%). Эти штаммы активно задерживали рост *Corynebacterium michiganense* 10<sup>b</sup>, вызывающих бактериальный рак томатов (зоны задержки роста 24,0–28,0 мм), кроме того штамм № 66 проявил способность задерживать рост еще 2-х фитопатогенных бактерий (зоны – 18,0 мм). Обращает внимание и штамм № 193 из 5-го почвенного образца (чернозем лесной, заповедник, с. Корнешты, гумус – 6,8%), который активно задерживал рост *C. michiganense* 10<sup>b</sup> с максимальным значением (30,0 мм), а также вызывал задержку роста и у *Erwinia carotovora* (зоны до 18,0 мм). Интересен и штамм № 66, метаболиты которого обладали способностью задерживать

рост 3 тест-бактерий (зоны от 18,0 до 26,0 мм). Следует отметить штамм № 42 (2-й почвенный образец), метаболиты которого вызывали образование зоны отсутствия роста *C. michiganense* 10<sup>b</sup> диаметром до 28,0 мм.

Таблица 1

**Способность стрептомицетов почв Молдовы задерживать рост фитопатогенных бактерий**

Штаммы стрептомицетов, выделенные из почвы Молдовы		Диаметр зон задержки роста фитопатогенных бактерий, мм		
Образец почвы	Штамм	<i>Corynebacterium michiganense</i> 10 <sup>b</sup>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> 8628	<i>Erwinia carotovora</i> 8982
1	7	14,0±0,1	0	0
	9	15,0±0,2	16,0±0,2	0
2	42	28,0±0,1	0	0
	66	26,0±0,1	18,0±0,1	18,0±0,4
	120	24,0±0,3	0	0
3	145	18,0±0,3	0	0
4	155	15,0±0,2	0	0
5	178	14,0±0,1	0	0
	193	30,0±0,1	0	18,0±0,2

Для определения антифунгальной активности изучаемых штаммов стрептомицетов был использован более широкий спектр тест-культур – фитопатогенных грибов, вызывающих разнообразные заболевания овощных культур, плодовых деревьев и кустарников, а также порчу хранящихся плодов, в том числе и винограда. По данным, представленным в таблице 2, можно проследить способность стрептомицетов почв Молдовы оказывать подавляющее действие на рост и развитие микромицетов, вызывающих заболевания растений, насекомых, сельхозживотных и человека.

Так, например, аспергиллезы в равной степени отрицательно сказываются на развитии растений и пчел. Из проверенных штаммов только 3 штамма обладали способностью задерживать рост *Aspergillus niger* в разной степени: штамм № 9 – зоны до 19,0 мм, штамм № 66 – 24,0 мм и штамм № 155 из 4-го почвенного образца (чернозем выщелоченный, тяжелосуглинистый под виноградником, гумус – 3,3%) – зоны диаметром 17,0 мм. Только 2 штамма (№ 9 и № 66) могли задерживать рост другого представителя рода *Aspergillus* – *A. flavus*. Их метаболиты вызывали образование зон задержки роста диаметром 25,0–29,0 мм. Наиболее разнообразен уровень антимикробной активности у изучаемых штаммов по отношению к *Botrytis cinerea*: под влиянием метаболитов стрептомицетов зоны задержки роста варьировали от 12,0 мм (штамм 1-го почвенного образца – чернозем карбонатный, слабогумусный под монокультурой кукурузой без удобрений, гумус – 2,4%), у штамма № 7 и штамма № 193 (5-й почвенный образец) до 29,0 мм у штамма № 9, 3 штамма задерживали рост *Mucor vulgaris*: зоны варьировали от 12,0 до 29,0 мм.

**Антифунгальные свойства стрептомицетов,  
выделенных из почв Молдовы**

№ штамма S. sp. Тест- культура	Диаметр зон задержки роста фитопатогенных грибов, мм								
	1		2			3	4	5	
	7	9	42	66	120	145	155	178	193
<i>Aspergillus niger</i>	0	19,0± 0,1	0	24,0± 0,7	0	0	17,0± 0,2	0	0
<i>Aspergillus flavus</i>	0	29,0± 0,5	0	25,0± 0,4	0	0	0	0	0
<i>Botrytis cinerea</i>	12,0± 0,5	29,0± 0,5	13,0± 0,1	17,0± 0,3	14,0± 0,2	0	14,0± 0,4	16,0± 0,1	12,0± 0,1
<i>Mucor vulgaris</i>	0	29,0± 0,3	12,0± 0,1	20,0± 0,3	0	0	0	0	0
<i>Penicillium funiculosum</i>	0	27,0± 0,2	0	28,0± 0,4	0	0	0	0	0
<i>Thielaviopsis basicola</i>	20,0± 0,8	29,0± 0,4	12,0± 0,1	22,0± 0,2	0	0	12,0± 0,1	20,0± 0,5	14,0± 0,3
<i>Rhizoctonia solani</i>	0	29,0± 0,3	0	0	0	0	0	0	12,0± 0,1
<i>Fusarium solani</i>	0	29,0± 0,7	0	14,0± 0,1	12,0± 0,1	12,0± 0,3	0	14,0± 0,2	12,0± 0,1
<i>Fusarium oxysporum</i>	0	34,0± 0,6	12,0± 0,1	15,0± 0,1	0	0	28,0± 0,4	20,0± 0,2	30,0± 0,8
<i>Fusarium graminearum</i>	15,0± 0,4	28,0± 0,2	0	15,0± 0,2	17,0± 0,3	0	0	0	16,0± 0,2
<i>Alternaria alternata</i>	0	28,0± 0,3	0	25,0± 0,3	0	0	0	0	0
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	0	П.п.	П.п.	28,0± 0,4	24,0± 0,6	27,0± 0,1	0	0	0

Активно задерживали рост *Penicillium funiculosum* только 2 штамма из 1-го и 2-го почвенных образцов, зоны от 27,0 до 28,0 мм. По отношению к возбудителю корневой черной гнили табака – *Thielaviopsis basicola* у 7 штаммов метаболиты задерживали его рост в интервале размеров зон от 12,0 до 29,0 мм. Рост вызывающего черную паршу пасленовых – *Rhizoctonia solani* активно задерживал штамм № 9 (до 29,0 мм). Особый интерес представляет факт выявления 2 штаммов, способных вызывать полное подавление роста *Sclerotinia sclerotiorum* (белая гниль подсолнечника и моркови) – штамм № 9 и штамм № 42. Отношение изучаемых стрептомицетов к возбудителям фузариозов (усыхание косточковых) было неоднозначным. Наибольший интерес представляет штамм № 9, т.к. у него отмечена наибольшая активность (зоны от 28,0 до 34,0 мм) по отношению к 3 тест-грибам этого рода. Для *Alternaria alternata* были найдены только 2 штамма антагониста – штамм № 9

и № 66 (зоны 25,0–28,0 мм). Можно отметить, что наиболее активными антагонистами для фитопатогенных бактерий и грибов оказались 2 штамма – штамм № 9 и штамм № 66. Следует также подчеркнуть, что выделенные из загрязненного пестицидами образца чернозема типичного штаммы стрептомицетов одинаково слабо задерживали рост фитопатогенных бактерий и грибов (зоны задержки роста от 10,0 до 15,5 мм) или вообще не действовали на рост выбранных тест-культур.

Нами были проверены штаммы стрептомицетов на содержание в их биомассе липидов. Самое высокое количество липидов в биомассе было отмечено у штамма № 19 – 14,1% и № 49 – 13,5%, гораздо меньше у штаммов № 66 – 6,74% и № 145 – 4,94%. Анализируя данные по фракционному составу липидов, можно заметить, что количество основных физиологически важных фракций (фосфолипидов и стеринов) варьирует от 3,84 до 19,76%, а триглицеридов – от 15,11 до 44,23%. Максимальное количество фосфолипидов у штамма № 11 (1-й почвенный образец) – 14,66%, стеринов у штамма № 120 (2-й почвенный образец) – 19,76%, а триглицеридов у штамма № 193 (5-й почвенный образец) – 44,23%. Менее всего в липидах оказалось фракций моно- и диглицеридов – от 0,96 % (штамм № 44) до 9,61% (штамм № 193). По способности накапливать биомассу при культивировании на комплексной среде М-1 наибольший интерес представляют штаммы № 19, 66 и 120 (от 14,15 до 19,6 г / л). Эти же штаммы важны и как продуценты физиологически активных липидных фракций.

При замачивании семян томатов сорта Факел в растворах ЭМ (0,5 и 1,0%) отмечали изменения всхожести семян и длину проростков. Наилучшая всхожесть была под влиянием ЭМ штамма № 9 – 115,0 и 107,0% соответственно, у ЭМ штамма № 66 – 111,0 и 108,0% соответственно, а под влиянием ЭМ штаммов из загрязненной пестицидами почвы лучшие показатели были после обработки семян растворами ЭМ штамма № 205 – 111,0 и 103,0% и штамма № 229 – 104,0 и 102,0% соответственно. Длина проростков под влиянием ЭМ штамма № 9 оказалась больше других вариантов – 134,2 и 124,7% к контролю, а штамма № 66 – 123,5 и 113,0% соответственно. ЭМ штаммов из загрязненной пестицидами почвы также оказали положительное действие на изменение длины проростков: ЭМ штамма № 205 – 129,0 и 111,9%, а ЭМ штамма № 229 – 114,8 и 112,4% соответственно к контролю.

Таким образом, полученные результаты позволяют рекомендовать штаммы стрептомицетов из черноземов Молдовы как продуцентов экзометаболитов для повышения всхожести семян томатов и стимуляции их роста, а также как штаммы, синтезирующие вещества с антимикробными свойствами против ряда широко распространенных фитопатогенов и физиологически важные липидные фракции (фосфолипиды и стерины), используемые в медицине, ветеринарии, сельском хозяйстве, промышленности.

## Литература

1. Зенова Г. М. Почвенные актиномицеты. М.: МГУ, 1992. 78 с.
2. Красильников Н. А. Лучистые грибки. М.: Наука, 1970. 536 с.
3. Скрябин Г. К., Головлев Е. Л. Вклад микробиологии в современную биотехнологию // Труды 16 конференции ФЕМО. М., 1987. Т. 2. С. 304–308.
4. Звягинцев Д. Г. Микробы – активаторы и ингибиторы роста растений // Микроорганизмы – стимуляторы роста растений и животных: Тезисы докл. Всесоюзная конф. Ташкент, 1989. Ч. 1. С. 78–80.
5. Тулемисова К. А., Мамонова Л. П. Актиномицеты – стимуляторы роста растений // Микроорганизмы – стимуляторы и ингибиторы роста растений и животных: Тезисы докл. Всесоюзной конф. Ташкент, 1989. Ч. 2. С. 202.
6. Бурцева С. А. Биологически активные вещества стрептомицетов (Биосинтез, свойства, перспективы применения): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Кишинев, 2002. 39 с.
7. Burțeva S., UsaŃi A., Toderaș A. Variabilitatea formelor spontane a tulpinii *Streptomyces* sp. 36 – producătoare de substanțe bioactive // Buletinul AȘ RM «Științe biologice și chimie». V. 1. 1996. P. 27–32.

## СОСТОЯНИЕ АЛЬГО-МИКОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПОЧВ ПОД РАЗЛИЧНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ г. КИРОВА

*Н. Э. Вахрушева<sup>1</sup>, А. Л. Люкина<sup>1</sup>, Л. И. Домрачева<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН*

Бурное развитие промышленных объектов и автодорог, а также постоянная тенденция увеличения транспорта привели к нарушению природных комплексов.

Городские почвы более подвержены антропогенному влиянию и испытывают значительную техногенную нагрузку, почвенные горизонты особенно обогащены бытовыми отходами, пестицидами, тяжелыми металлами (ТМ) [1].

Одними из специфичных загрязнителей техногенно-нарушенных почв являются ТМ. Их поглощение растительностью происходит одновременно с поступлением биогенных веществ через корневую систему, а так же через листья и хвою.

Доказано, что в результате комплексного загрязнения почв происходят значительные изменения в альго-микологических комплексах: снижается видовое разнообразие фототрофов, исчезают из альгоценозов цианобактерии, а в структуре сообществ микромицетов доминирующие позиции занимают меланизированные формы грибов [2].

Применение альго-микологического анализа при оценке состояния почв позволяет судить о возможном загрязнении почвы по выраженному доминированию меланинсодержащих микромицетов в структуре грибных популяций и цианобактерий – в структуре фототрофных микробных комплексов независимо от показателей численности фототрофов и длины грибного мицелия [3].

Цель работы – изучение состояния альго-микологических комплексов техногенно-загрязненных почв под различной растительностью г. Кирова.

Пробы почв с городской территории были отобраны в октябре 2018 г., в сквере в районе машиностроительного завода «Авитек» г. Кирова. Было намечено 4 участка отбора почвенных образцов: 1 – из-под липы, 2 – из-под ели, 3 – из-под лиственницы и 4 травянистой растительности (газон).

Для выделения почвенных фототрофов и микромицетов использовался метод чашечных культур со стеклами обрастания. Навеску почвы 30 г помещали в стерильные чашки Петри, после чего увлажняли дистиллированной водой. На поверхность почвы выкладывали покровные стекла в количестве 6 штук. Чашку датировали и оставляли на свету и по мере необходимости вновь увлажняли.

Таблица

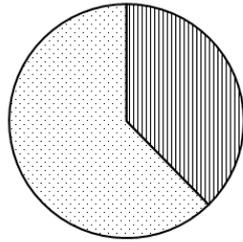
**Альго-микологический комплекс почв под различной растительностью**

Вариант	Фототрофы (клеток/см <sup>2</sup> )			Всего	Микромицеты (фрагментов/см <sup>2</sup> )		Всего
	зеленые водоросли	диатомовые водоросли	ЦБ		Окрашенные	Бесцветные	
Липа	507,0± 137,0	–	837,0± 177,0	1034,0± 304,0	142,0± 37,0	360,0± 50,0	502,0± 87,0
Ель	362,5± 52,5	–	650,0± 140,0	1012,0± 192,5	217,5± 100,0	200,0± 42,5	417,5± 142,5
Лиственница	37,5± 17,5	–	–	37,5± 17,5	40,0± 14,2	–	40,0± 14,2
Травянистая растительность	142,5± 30,0	168,8± 74,5	782,5± 162,0	1093,8± 266,5	182,5± 38,0	117,5± 50,0	300,0± 88,0

Результаты количественного анализа показали, что минимальное количество как фототрофов, так и микромицетов отмечается в пробе почвы из-под лиственницы. Максимальное количество фототрофных микроорганизмов обнаружено в почве из-под травянистой растительности, что возможно объяснить несколькими причинами: для благоприятной жизнедеятельности фототрофов необходим свет, а также достаточное водоснабжение, тогда как данных факторов может не доставать под пологом древесной растительности. Именно поэтому в пробе под травянистой растительностью количество фототрофов значительно превышает количество микроорганизмов под другими пробами.

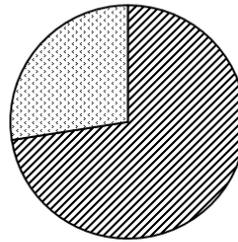
Соотношение бесцветных и окрашенных микромицетов в почве под елью практически одинаково (рис.). В пробах почв под травянистой растительностью и липой их соотношение уже значительно различается, причем в пробе под липой количество бесцветных микромицетов превышает количество окрашенных в 2 раза. В почве под лиственницей бесцветные формы гриба и вовсе отсутствуют.

**Структура альго-  
цианобактериального  
комплекса почвы**



■ Зел. водоросли    □ ЦБ

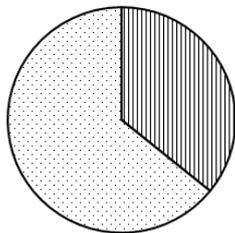
**Структура  
микологического  
комплекса почвы**



■ Окрашенные    □ Бесцветные

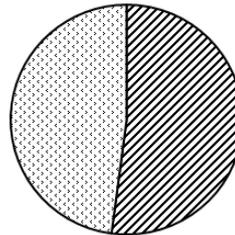
**Липа**

**Структура альго-  
цианобактериального  
комплекса почвы**



■ Зел. водоросли    □ ЦБ

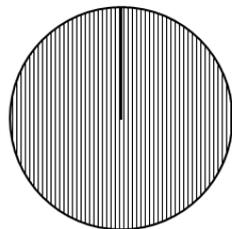
**Структура микологического  
комплекса почвы**



■ Окрашенные    □ Бесцветные

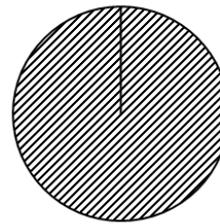
**Ель**

**Структура альго-  
цианобактериального  
комплекса почвы**



■ Зел. водоросли

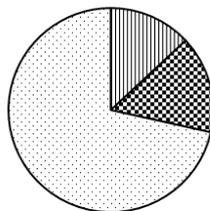
**Структура микологического  
комплекса почвы**



■ Окрашенные

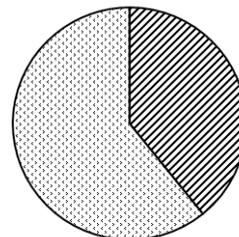
**Лиственница**

**Структура альго-  
цианобактериального комплекса  
почвы**



■ Зел. водоросли  
■ Диатомовые водоросли  
□ ЦБ

**Структура микологического  
комплекса почвы**



■ Окрашенные    □ Бесцветные

**Травянистая растительность**

**Рис. Структура альго-микологического комплекса почвы  
под различной растительностью**

Известно, что лишайница является эффективным видом-индикатором, она обладает высокой чувствительностью и полностью отражает стрессовое воздействие городской среды, которое оказывает значительную нагрузку на природный комплекс, а также сказывается на изменении свойств отдельных биотических компонентов [4]. Именно так возможно объяснить сниженное обилие водорослей в альгоценозе, и полное отсутствие бесцветных микромицетов.

Доминирование меланизированных форм в пробах почв под елью и липой показывает высокие аккумулятивные свойства данных древесных видов, за счет чего идет накопление ТМ в листьях, хвое, а в дальнейшем – в почве.

Подобное явление – сглаживание эффекта цианофитизации под влиянием ТМ под различными культурами было обнаружено и в агроэкологических системах, когда на размножение микроорганизмов оказывают влияние не только поллютанты, но и корневые экссудаты и характер развития корневой системы [5].

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

#### Литература

1. Кондакова Л. В., Домрачева Л. И. Специфика альго-микологических комплексов городских почв // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 267–287.
2. Дабах Е. В., Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Злобин С. С. Альго-микологическая оценка состояния почв в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината // Почвоведение. 2013. № 2. С. 187–194.
3. Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Дабах Е. В., Плетнева А. Ю. Принципы диагностики состояния почвы с использованием характеристик альго-микологических комплексов // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2008. № 6. С. 12–15.
4. Авдеева Е. В., Кузьмичев В. В. Специфика онтогенеза и индикаторная роль лишайницы сибирской (*Larix sibirica* Lebed.) в условиях городской среды // ХБЗ. 2007. № 4–5. С. 362.
5. Домрачева Л. И., Горностаева Е. А. Реакция альго-цианобактериальных комплексов на возрастающие концентрации ионов меди в почве под различными сельскохозяйственными культурами // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 1. С. 38–43.

## АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОМИЦЕТА *TRICHODERMA SP.*, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ РИЗОСФЕРНОЙ ПОЧВЫ ЛЮТИКА ЯДОВИТОГО (*RANUNCULUS SCELERATUS*)

Л. И. Домрачева<sup>1,2</sup>, А. Л. Ковина<sup>1</sup>, А. И. Малинина<sup>1</sup>, А. Л. Люкина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
nm-flora@yandex.ru

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

Гербарные образцы растений, как уже отмечалось ранее, обладают способностью продолжительного носительства на своей поверхности ризосферной и эпифитной микрофлоры былых времен [1]. Хотя большинство микроорганизмов гибнет в процессе сушки растений при гербаризации, все-таки некоторые их виды (в особенности спорообразующие бактерии), сорбируясь на подходящих носителях, способны сохранять свою жизнеспособность [2]. В старинных гербарных образцах сохраняется пул микробов, когда-то обитающих в относительно чистых экотопах, и поэтому представляющий определенный интерес для исследования их биотехнологических возможностей [3].

В частности, в работе по выделению «спящей» микрофлоры из гербарных образцов растений семейства Ranunculaceae, из ризосферы лютика ядовитого удалось выделить микромицет *Trichoderma sp.*, обладающий рядом ценных свойств [4]. Различные виды грибов этого рода обладают ингибирующей активностью в отношении фитопатогенных грибов, а так же антимикробной активностью (выделяют свыше 100 антибиотиков), что служит основанием использования различных видов триходермы в биотехнологии для выпуска биопрепаратов (триходермин, трихозан, глиокадин), используемых в сельскохозяйственной практике как биопестициды для предотвращения инфекционных заболеваний растений [5].

Цель данной работы – изучить антагонистическую активность микромицета *Trichoderma sp.* против фитопатогенных грибов рода *Fusarium* и условно-патогенной бактерии *Staphylococcus aureus*.

Основным объектом исследования служила чистая культура микромицета *Trichoderma sp.*, выделенная из ризосферы гербарного образца растения 120-летней давности лютика ядовитого (*Ranunculuss celeratus*). Для сравнения антагонистической активности этого штамма в опытах использовали гриб *Trichoderma lignorum*, входящий в состав биопрепарата триходермин. В качестве тест-объектов на антифузариозную активность были выбраны фитопатогенные грибы: *Fusarium culmorum*, *F. oxysporum* шт. Г/15, *F. roae* шт. Р-К/15, предоставленные заведующей лабораторией ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого Т. К. Шешеговой, а в качестве тест-организма на антибактериальную активность был выбран условно-патогенный микроорганизм *Staphylococcus aureus*, выделенный из атмосферного воздуха транспортной зоны г. Кирова.

Исследования состояли из трех серий опытов. В 1-ой серии проводили сравнительный анализ антагонистической активности микромицетов *Trichoderma* sp. и *Trichoderma lignorum* против наиболее распространенного в Кировской области фитопатогенного гриба *Fusarium culmorum*. Для этого вносили агаровые диски культуры *Trichoderma* sp., вырезанные с газонов, растущих на среде Чапека, и дисков *T. lignorum*, входящего в состав биопрепарата триходермин, на предварительно выросшие газоны *F. culmorum*.

Параллельно закладывали 2-ю серию опытов по изучению антагонистической активности *Trichoderma* sp., против 3-х видов фитопатогенных грибов *F. culmorum*, *F. oxysporum* и *F. poae*. Для этого в контрольных вариантах на дно стерильной чашки Петри заливали споровую суспензию фитопатогенных грибов. В опытных вариантах, кроме споровой суспензии фитопатогенов, добавляли споровую суспензию *Trichoderma* sp. и заливали расплавленной средой Чапека. При снятии опыта определяли степень зарастания поверхности питательной среды грибным мицелием.

В 3-й серии опыта проверяли антимикробную активность *Trichoderma* sp. против условно-патогенного микроорганизма *Staphylococcus aureus*. Для этого на предварительно выращенный газон стафилококка на среде МПА вносили диски культуры микромицетов *Trichoderma* sp. таким образом, чтобы культуры соприкасались друг с другом. По истечению времени наблюдали за состоянием культуры стафилококка.

Сравнение антагонистической активности двух штаммов триходермы показало, что *T. lignorum* способствует образованию зон лизиса на газоне фузариума, не превышающего 3 мм. В то же время *Trichoderma* sp. практически полностью растворяет мицелий фузариума в диаметре, превышающем 10 мм.

Результаты 2-й серии опытов показали, что триходерма по-разному воздействовала на грибные культуры: подавляла рост *F. culmorum* и *F. oxysporum* в 2 и в 3 раза по сравнению с контролем соответственно. В то же время практически не влияет на развитие *F. poae* (табл.).

Таблица

**Влияние *Trichoderma* sp на степень развития фитопатогенных грибов на поверхности питательной среды (%)**

Вариант	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Fusarium poae</i>
Контроль	100	60	100
<i>Trichoderma</i> sp.	50	20	100

Проведение 3-й серии опытов показало, что *Trichoderma* sp. обладает и определенной антистафилококковой активностью, вызывая зоны лизиса на газоне *Staphylococcus aureus*, достигающие 13 мм в диаметре.

Таким образом, проведенные исследования показали высокую степень антагонистической активности *Trichoderma* sp., выделенной из ризосферной почвы лютика ядовитого, по отношению к фитопатогенным грибам *F. culmorum* и *F. oxysporum*. Кроме того, установлена достаточно высокая степень антибактериальной активности *Trichoderma* sp., вследствие чего дан-

ный штамм триходермы в перспективе может служить ингибитором стафилококковых инфекций.

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

#### Литература

1. Домрачева Л. И., Ковина А. Л., Симакова В. С., Берг А. А. Гербарные образцы бурых водорослей и биопленок *Nostoc commune* как носители микрофлоры // 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.

2. Похиленко В. Д., Баранов А. М., Детушев К. В. Методы длительного хранения коллекционных культур микроорганизмов и тенденции развития // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2009. № 4 (12). С. 99–121.

3. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.

4. 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. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2018. С. 230–233.

5. Гнеушева И. А., Павловская Н. Е., Яковлева И. В. Биологическая активность грибов рода *Trichoderma* и их промышленное применение // Вестник ОрелГАУ. 2010. № 3 (24). С. 36–39.

### АЛЬГОФЛОРА ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА ХРАНЕНИЯ И УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ «МАРАДЫКОВСКИЙ» ПОСЛЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ ЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

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

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

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

Техногенное воздействие оказывает влияние на почву и обитающие в ней организмы. Сообщества водорослей и цианобактерий активно участвуют в почвенных процессах [1–2] и являются организмами биоиндикаторами экологического состояния почв [1, 3–5]. Под влиянием техногенной нагрузки происходит трансформация водорослевых группировок и состава доминирующего комплекса микрофототрофов; при усилении пресса происходит обеднение видового состава и изменение количественных показателей почвенной альгофлоры.

Многие вещества аккумулируются в почве, в том числе и не характерные для живой природы ксенобиотики. Поэтому важной является ранняя диагностика состояния почвенной среды и динамика ее изменений.

Цель исследования: дать альгологическую оценку состояния почв луговых фитоценозов в районе объекта «Марадыковский» после прекращения его функционирования.

Отбор проб для альгологического анализа проводили в летний период (2016–2018 гг.), видовой состав альгофлоры изучали постановкой чашечных культур со стеклами обрастания [1]. Количественные показатели альгофлоры определяли прямым микроскопированием на мазках [4].

В период после прекращения функционирования объекта (2016–2018 гг.), в почвах луговых экосистем было выявлено 95 микрофототрофов, таксономический состав представлен 4 таксономическими группами: Cyanobacteria – 28 вида (29,5%), Chlorophyta – 42 видов (44,2%), Ochrophyta – 16 (16,8%) и Bacillariophyta – 9 (9,5%). При этом, на участках мониторинга суходольных лугов выявлено 89 видов: Cyanobacteria – 24 вида (27,0%), Chlorophyta – 41 видов (46,0%), Ochrophyta – 15 (16,9%) и Bacillariophyta – 9 (10,1%). В почвах пойменных лугов отмечено 52 вида: Cyanobacteria – 17 видов (32,7%), Chlorophyta – 17 видов (32,7%), Ochrophyta – 10 (19,2%) и Bacillariophyta – 8 (15,4%). В сравнении с проведенными альгологическими исследованиями до начала функционирования объекта [5], структура альгофлоры исследованных участков луговых экосистем сохранилась. Как и в период до эксплуатации объекта, в исследуемых фитоценозах по видовому разнообразию преобладают зеленые водоросли, что характерно для почв лесной зоны.

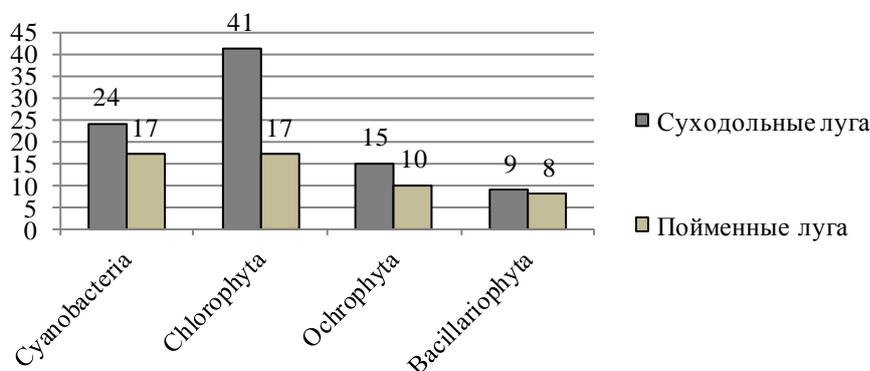


Рис. Таксономический состав почвенных водорослей и ЦБ луговых фитоценозов в районе объекта «Марадыковский»

Состав доминирующего комплекса микрофототрофов представлен следующими видами: *Chlamydomonas gloeogama* Korsch. in Pascher, *Chlorococcum infusionum* (Schrank) Menegh. (Chlorophyta); *Phormidium Jadinianum* Gom., *Ph. formosum* (Bory ex Gom.) Anagn. et Kom., *Cylindrospermum michailovscoense* Elenk., *Nostoc linckia* (Roth) Born. et Flah., *Leptolyngbya angustissima* (W. et G. S. West) Anagn. et Kom. (Cyanobacteria); *Characiopsis minima* (A. Braun) Borzi, *Pleurochloris commutata* Pasch. (Ochrophyta) и *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. in Cleve et Grun., *Pinnularia borealis* Ehr., *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Smith (Bacillariophyta).

**Численность водорослей и цианобактерий в луговых экосистемах  
в районе объекта «Марадыковский», тыс. кл./ г почвы**

№ пробно-го участка	Cyanobacteria			Chlorophyta + Ochrophyta			Bacillariophyta			Всего			
	Год	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Суходольные луга	10	16,4± 3,0	4,4± 2,1	2,8± 2,0	158,2± 10,7	172,3±6, 7	94,6±9,5	61,1±3,0	14,2±4,0	12,0±2,8	235,7± 16,7	109,9± 12,8	109,4± 14,3
	35	15,4± 0,6	4,4± 2,1	—	196,6± 13,4	58,3±5,3	—	47,8±3,4	23,0±3,6	—	259,7± 17,4	85,7± 11,0	—
	39	—	—	4,1±2	—	—	113,5± 7,8	—	—	15,1±2,8	—	—	132,7± 12,7
	41	1,9± 0,1	3,2± 2,2	2,5± 2,2	207,7± 5,2	59,6±8,3	121,7± 9,2	85,6±5,0	8,8±2,6	15,8±4,3	295,1± 10,3	71,6± 13,1	140,0± 15,7
	57	7,6± 1,3	6,3± 3,1	18,0± 2,8	133,3± 4,4	178,5± 8,6	194,8± 12,5	156,8± 7,9	40,7±3,8	48,9±4,7	297,7± 13,6	225,5± 15,5	261,7± 20,0
	60	37,9± 3,6	7,2± 2,5	6,3± 2,4	257,7± 8,0	90,8±4,9	208,4± 4,0	89,4±3,9	6,5±2,5	26,8±4,0	385,0± 15,5	104,5± 9,9	241,5± 10,4
	103	56,4± 4,2	31,8± 4,9	14,5± 3,0	205,2± 8,6	213,5± 13,3	272,2± 6,4	113,5± 10,7	3,5±2,8	14,2±2,5	375,0± 23,5	248,8± 21,0	300,8± 11,9
	111	24,1± 3,1	4,7± 2,8	5,4± 2,2	201,2± 3,3	121,7± 8,2	167,1± 8,3	146,5± 9,4	5,7±2,0	10,1±3,2	371,8± 15,8	132,1± 13,0	182,6± 13,7
Пойменные	54	16,2± 2,3	10,4± 2,8	11,7± 2,2	307,2± 10,7	213,5± 13,3	235,2± 15,0	51,9±3,3	27,5± 11,0	13,6±2,8	375,4± 16,3	251,4± 27,1	260,5± 20,0
	66	10,8± 1,4	9,8± 2,5	8,8± 2,2	144,1± 4,9	268,6± 17,1	294,8± 13,2	78,6±5,4	168,7± 18,6	183,8± 11,3	233,4± 11,7	447,1± 37,9	487,5± 26,7
	79	22,6± 2,4	19,9± 4,7	20,8± 2,8	210,9± 1,2	305,9± 16,0	379,3± 6,7	145,6± 8,6	101,8± 9,7	113,5± 4,9	379,1± 12,2	427,6± 30,4	513,6± 14,4

Примечание: «—» данные отсутствуют.

В 2016 г. количественные параметры альгофлоры луговых почв района исследования варьировали от 235,7 до 379,1 тыс. кл./г почвы (табл.). Наибольшая численность клеток водорослей была выявлена на участке пойменного луга №79, что связано с благоприятными условиями увлажнения пойменных лугов. В 2017 г., в сравнении с 2016, на большинстве участках численность водорослей и ЦБ снизилась и колебалась от 71,6 до 447,1 тыс. кл./г почвы. На количественные показатели микрофототрофов в 2017 году, возможно, оказало влияние более мощное развитие травостоя, связанное с более благоприятными температурными условиями и условиями увлажнения 2016–2017 гг. Наибольшая численность клеток отмечена для участков пойменных лугов №66 – 447,1 и №79 – 427,6 тыс. кл./г почвы; наименьшая численность отмечена на участке суходольного луга (№41) – 71,6 тыс. кл./г почвы.

В 2018 г. численность изменялась от 109,4 до 513,6 тыс. кл./г почвы. В сравнении с 2017 г., на всех участках мониторинга луговых экосистем общая численность водорослей и ЦБ возросла. Наибольшая численность также была выявлена на участках пойменных лугов № 79 – 513,6 и № 66 – 487,5 тыс. кл./г почвы.

По количественным показателям доминирует группа зеленых и желто-зеленых водорослей. Их численность за период исследования варьировала в широких пределах, без выделения четкой тенденции к увеличению или уменьшению. В 2016 г. численность этой группы водорослей колебалась от 133,3 до 307,2 тыс. кл./г почвы. В 2017 г. было незначительное уменьшение численности зеленых и желтозеленых водорослей, численность варьировала от 58,3 до 305,9 тыс. кл./г почвы. В 2018 г. колебания численности составляли от 94,6 до 379,3 тыс. кл./г почвы.

Цианобактерии по численности в составе альгофлоры были незначительны. Численность ЦБ было выше в 2016 г. в сравнении с последующими годами, и варьировала от 1,9 до 56,4 тыс. кл./г почвы. В 2017 г. колебания численности составили от 4,4 до 31,8 тыс. кл./г почвы, а в 2018 – от 2,5 до 20,8 тыс. кл./г почвы. Численность диатомовых водорослей в 2016 году была значительно выше, чем в 2017–2018 гг. и колебалась от 51,9 до 156,8 тыс. кл./г почвы. В 2017 г. эти показатели составляли от 3,5 до 168,7, но на большинстве участков численность диатомей снизилась. В 2018 г. количественные показатели диатомовых водорослей варьировали в пределах от 10,1 до 183,8 тыс. кл./г почвы и, по сравнению с 2017 г., на большинстве участков возросли, однако не достигли значений 2016 г.

Изучен таксономический состав альгофлоры луговых фитоценозов в районе объекта «Марадыковский» после завершения его функционирования. Основу почвенной альгофлоры в изученных экосистемах составляют зеленые водоросли, что в целом характерно для почв лесной зоны. Количественные показатели различных групп почвенных водорослей изменяются от 1,9 до 379,3 тыс. кл./г почвы и обусловлены изменением природных факторов. В целом, проведенные альгологические исследования в районе объекта «Мара-

дыковский» не выявили существенного негативного влияния объекта на почвенную среду.

*Выражаем искреннюю благодарность сотрудникам лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГУ Е. А. Домниной и А. С. Тимонову за неоценимую помощь в организации и проведении экспедиционных исследований.*

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

#### Литература

1. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976.
2. Лемеза Н. А. Альгология и микология. Мн.: Вышэйшая школа, 2008. 319 с.
3. Штина Э. А., Зенова Г. М., Манучарова Н. А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1449–1461.
4. Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
5. Кондакова Л. В. Альго-цианобактериальная флора и особенности ее развития в антропогенно нарушенных почвах (на примере почв подзоны южной тайги Европейской части России): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2012. 34 с.

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОМОНИТОРИНГОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БАКТЕРИЙ И ВЫСШЕГО РАСТЕНИЯ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ СТОКАМИ АВТОМОЙКИ**

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

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

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

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

В настоящее время большинство почв в крупных городах – хранилища всевозможных поллютантов. Очень часто не удается в полной степени определить состав загрязняющих веществ, попадающих в урбаноземы от различных источников загрязнения. Поэтому предварительно для оценки потенциальной опасности и степени загрязнения почвы используют методы биоиндикации и биотестирования с использованием организмов различной систематической принадлежности [1, 2].

Цель данной работы – оценить уровень загрязнения урбаноземов г. Кирова стоками автомойки, применяя бактерии р. *Azotobacter* и ячмень сорта Изумруд.

В качестве организма-индикатора использовали бактерии р. *Azotobacter*, а тест-организма семена ячменя *Hordeum vulgare* L. сорта Изумруд, которые характеризуются быстрым ростом и развитием.

Для индикации состояния почвы с помощью азотобактера комочки исследуемой почвы раскладывали на агаризованной среде Эшби, наблюдая в дальнейшем за степенью обрастания их бактериями и за размером бактериальных колоний [3].

Биотестирование с помощью ячменя проводили, помещая образцы почвы массой 35 г в стерильные чашки Петри, размещая на увлажненной и выровненной поверхности почвы по 10 семян. Повторность опыта трехкратная. Экспозиция опыта 7 суток при температуре +22–24 °С.

Аналізу подвергались образцы урбаноземов, отобранные в одном из окраинных районов г. Кирова на трех участках, расположенных на расстоянии 3, 6 и 9 м от автомойки. Контролем служили образцы луговой дерново-подзолистой почвы.

В ходе проведения этого опыта определяли энергию прорастания семян на 3 и 7 сутки, морфометрические параметры проростков ячменя – длину корня и побега согласно ГОСТ 12038-84 [4, 5]. Кроме того, определяли индекс роста  $I$  с расчетом по формуле [6]:

$$I = (R + P) \cdot D,$$

где  $R$  и  $P$  – суммарные значения длин корней и проростков, см;

$D$  – доля проросших семян, в %.

Перед закладкой семена проходили калибровку: с повреждениями, сколами, плесенью, недозревшие убирала.

Во всех вариантах в течение срока экспозиции влажность почвы поддерживали на уровне 60% от полной влагоемкости.

В наших опытах, как и в исследованиях других авторов, была доказана возможность использования в исследованиях городских почв таких групп микроорганизмов как микромицеты (по соотношению окрашенных и бесцветных форм), азотфиксирующие бактерии (по их общей численности и количеству меланизированных колоний), а также возможность использования бактерий р. *Azotobacter* [7, 8].

При использовании в качестве организма-индикатора азотобактера в качестве критерия токсичности почвы мы использовали три показателя: степень обрастания, диаметр колоний и количество окрашенных колоний в опытных вариантах по сравнению с контролем. Показано, что во всех вариантах поверхность комочков бактериями р. *Azotobacter* была колонизирована полностью (табл. 1).

Вероятно, это объясняется тем, что в течение нескольких лет существования автомойки под влиянием попадающих в почву стоков произошла селекция азотобактера на устойчивые формы, обеспечивающая их выживанием при пролонгированном действии стресс-факторов. Однако значимым оказались 2 других показателя – средний диаметр колоний (был максимальным в контроле) и количество меланизированных колоний (максимальное в опыт-

ных образцах почвы). Этот признак – доминирование в азотбактериальных популяциях темноокрашенных колоний можно считать одним из признаков загрязнения городских почв автошампуня.

Таблица 1

**Биоиндикация состояния почвы с использованием бактерий  
р. *Azotobacter* вблизи автомойки**

Расстояние от автомойки, м	Степень обрастания комочков почвы, %	Количество окрашенных колоний, %	Средний диаметр колоний, мм
Контроль	100	22	5,0±1,0
3	100	88	3,6±0,9
6	100	42	3,0±0,9
9	100	88	3,8±0,6

Использование методов фитотестирования показало, что в различных образцах почвы резко различается энергия прорастания (от 93,3% в контроле до 50% в почве на расстоянии 3 м от автомойки, табл. 2).

Определение всхожести семян на 7 сутки показало, что в контрольном варианте этот показатель не изменился, но в почвенных образцах, отобранных на расстоянии 3 и 6 м от автомойки, данный показатель стал ниже, чем на 3 сутки из-за гибели части растений от грибного поражения. Подобное явление, вероятно, связано с тем, что в загрязненных городских почвах наблюдается массовое размножение патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, опасных как для растений, так и для людей и животных. Степень корреляции между количеством нефтепродуктов [8] и всхожестью семян на 7 сутки составляет  $r = 0,988$ .

Таблица 2

**Влияние расстояния от автомойки на энергию прорастания и процент всхожести семян ячменя *Hordeum vulgare* L.**

Расстояние от автомойки, м	Энергия прорастания семян на 3 сутки, %	Всхожесть семян на 7 сутки, %
Контроль	93,3	93,3
3	50,0	36,6
6	70,0	50,0
9	60,0	75,0

Морфометрические показатели ячменя и индекс роста представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Влияние расстояния от автомойки на морфометрические показатели ячменя**

Расстояние от автомойки, м	Длина надземной части проростка, см	Длина корней, см	Индекс роста I
Контроль	9,01±2,22	6,95±2,94	1489,1
3	5,41±1,12	10,08±3,13	566,9
6	5,47±2,77	11,01±4,12	824,0
9	10,32±3,19	7,56±3,31	1341,0

Результаты, приведенные в таблице 3, показывают, что происходит сильное угнетение роста надземной части ячменя (более чем в 1,6 раза) в образцах почвы, наиболее приближенных к автомойке. Коэффициент корреляции между количеством нефтепродуктов [8] и длиной надземной части ячменя составляет  $r = -0,357$ .

Хотя на длине корней выращивание в загрязненной почве практически не сказалось, во всех опытных вариантах наблюдается некоторая стимуляция. Коэффициент корреляции в данном случае свидетельствует о средней степени положительной зависимости между изучаемыми показателями и составляет 0,499.

Использование показателя индекса роста однозначно указывает на фитотоксичность почв двух участков, расположенных в 3 и 6 метрах от автомойки.

Сравнение результатов азотобактериальной индикации и фитотестирования с использованием ячменя не дают однозначного ответа о степени загрязнения исследуемой почвы для всех вариантов. Однако, по величине максимальной меланизации диаметра колоний азотобактера, максимальному поражению растений грибной инфекцией и минимальному значению индекса роста наиболее токсичным для бактерий и высшего растения следует признать участок урбанозема, расположенный на расстоянии 3 метра от автомойки [8]. Эти результаты коррелируют с максимальным содержанием нефтепродуктов в почве, составляющим 6900 мг/кг, тогда как в контрольной почве этот показатель – 24 мг/кг, а в образцах, расположенных в 6 и 9 метрах от автомойки, 1800 и 2200 мг/кг соответственно [8].

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

### Литература

1. Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий / Под общ. ред. Т. Я. Ашихмина и Н. М. Алалыкиной. Киров: О-Краткое, 2008. 336 с.
2. Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока / Под ред. Т. Я. Ашихминой, Л. И. Домрачевой. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2012. 282 с.
3. Зенова Г. М., Степанова А. Л., Лихачева А. А., Манчурова Н. А. Практикум по биологии почв. М.: Изд-во МГУ, 2002. 120 с.
4. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур // Методы определения всхожести. М.: Стандартинформ, 2011. 28 с.
5. Методика выполнения всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно загрязненных почв М-П-2006. Федеральный реестр ФР.1.39.2006.02264. СПб., 2009. 18 с.
6. Андреева О. А., Кожевин П. А. Валидность методов фитотестирования при контроле микробных препаратов, полученных на основе естественных микробных сообществ // Биодиагностика и оценка качества природной среды: подходы, методы, критерии и эталоны сравнения в экотоксикологии: Материалы междунар. симпозиума и молодежной школы. М.: ГЕОС, 2016. С. 317–318.

7. Артамонова В. С., Бортникова С. Б. О развитии *Azotobacter chroococcum* Beijerinck в старовозрастных отвалах антрацита // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 1. С. 60–72.

8. Домрачева Л. И., Скугорева С. Г., Кутявина Т. И., Симакова В. С., Люкина А. Л. Микроорганизмы в биоиндикации городских почв // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2018. С. 211–215.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЧВЕННОЙ ЦИАНОБАКТЕРИИ *NOSTOC PALUDOSUM* НА РАСТЕНИЯ ЯЧМЕНЯ

А. И. Фокина<sup>1</sup>, Л. И. Домрачева<sup>2,3</sup>, С. Ю. Огородникова<sup>3</sup>,  
Л. В. Трефилова<sup>2</sup>, С. А. Вахмянина<sup>2</sup>, П. А. Трушников<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный университет, *annushka-fokina@mail.ru*,

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

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

Цианобактерии – одна из старейших и крупнейших групп микроорганизмов. Исследователи отмечают, что из-за выработки токсинов некоторые водные цианобактерии (ЦБ) отрицательно влияют на жизнедеятельность и состояние окружающих их живых организмов [1–3]. Однако известна способность почвенных ЦБ к выделению в окружающую среду полезных биологически активных веществ. Тем самым они оптимизируют местообитание растений за счет стимуляции их роста и развития. К тому же, ЦБ вносят существенный вклад в плодородие почвы, оказывают антифунгальное и антибактериальное действие в борьбе с заболеваниями растений. Проявление данных свойств отмечено у почвенной ЦБ *Nostoc paludosum* [4–10]. При этом влияние метаболитов ЦБ на рост растений в присутствии микроорганизмов и без них достоверно не установлено. Поэтому исследование биологической активности культуральной жидкости (КЖ) почвенных ЦБ и вытяжек из КЖ является актуальным. Целью работы стало выявление влияния экзаметаболитов почвенной цианобактерии *Nostoc paludosum* 18 на рост и развитие растений ячменя сорта Изумруд в присутствии сульфата меди(II) и без него.

Объекты исследования:

– культура почвенной цианобактерии *N. paludosum* 18, выращенная в течение двух месяцев в среде Громова № 6 без азота. Титр культуры составил  $3 \cdot 10^7$  кл. /см<sup>3</sup>. Исследуемая ЦБ была выделена из дерново-подзолистой почвы сотрудниками кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии ФГБОУ ВО «Вятская ГСХА» (г. Киров);

– ячмень яровой сорта «Изумруд», разработчики: Г. П. Дудин, С. А. Емелев, А. В. Помелов, ФГБОУ ВО «Вятская ГСХА» (г. Киров).

Из КЖ *N. paludosum* 18 готовили вытяжки с помощью гексана (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>) и четыреххлористого углерода (CCl<sub>4</sub>). В предыдущих опытах [11] проводили определение состава органических веществ в КЖ и вытяжках методом высоко-

коэффициентной жидкостной хроматографии. В результате анализа было установлено, что исследуемые образцы содержат вещества – компоненты естественного происхождения, такие как фитол, фитоин, N-ацетилглюкозамин, пептидогликан (муреин), антиоксиданты ликопин и лютеин. Также были обнаружены гормоны, предшественники гиббереллинов (каурен) и витамины. Помимо этого было установлено, что *N. paludosum* вырабатывает цианопептид борофицин, обладающий антимикробной активностью [12], именно он может служить основой антифунгальной активности исследуемых веществ.

Исследовали влияние экзаметаболитов почвенной ЦБ *N. paludosum* 18 на рост и развитие 7-суточных растений ячменя без зерновок. Для этого фильтровальную бумагу помещали в чашки Петри и увлажняли стерильной дистиллированной водой. На увлажненные фильтры раскладывали заранее простерилизованные этиловым спиртом зерновки ячменя. На 7-е сутки проращивания отделяли зерновки от растений, данную процедуру производили для того, чтобы исключить питание растений веществами, содержащимися в зерновках. Растения раскладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, пропитанную компонентами: H<sub>2</sub>O (контроль); CuSO<sub>4</sub>; суспензия ЦБ; суспензия ЦБ + CuSO<sub>4</sub>; КЖ; КЖ + CuSO<sub>4</sub>; C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>; C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> + CuSO<sub>4</sub>; CCl<sub>4</sub>; CCl<sub>4</sub> + CuSO<sub>4</sub>. В вариантах с сульфатом меди(II) была создана концентрация Cu<sup>2+</sup> 3 мг/кг субстрата для произрастания растений, что равно содержанию подвижных форм в почве. Чашки с растениями помещали в климатостат, где в ночное время температура составляла 12–13 °С, в дневное – 21–23 °С. В каждом варианте находилось по 30 растений. На третьи сутки определяли высоту проростков, длину и количество корней, перекисное окисление липидов (ПОЛ), содержание борофицина и меди в проростках. Об интенсивности протекания ПОЛ судили по образованию малонового диальдегида (МДА). Содержание меди в корнях и проростках определяли методом инверсионной вольтамперометрии.

Результаты исследований влияния экзаметаболитов на морфометрические показатели показали, что наибольший ростстимулирующий эффект по отношению к высоте проростков установлен в варианте, в котором для проращивания семян использовали C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> (95±3 мм) (табл. 1). Затем, в порядке убывания, следуют ЦБ (94±5 мм), ЦБ + CuSO<sub>4</sub> (93±4 мм), контроль H<sub>2</sub>O (90±4 мм) и C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> + CuSO<sub>4</sub> (89±5 мм). Остальные варианты по высоте проростков практически не отличались друг от друга и находились в диапазоне 84–85 мм. По отношению к длине корней наибольшие показатели были установлены в варианте с контролем H<sub>2</sub>O (83±5 мм), затем, в порядке убывания, расположились C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> (79±4 мм), ЦБ + CuSO<sub>4</sub> (72±6 мм), КЖ + CuSO<sub>4</sub> (72±4 мм), ЦБ (70±6 мм), C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> + CuSO<sub>4</sub> (70±7 мм). Остальные варианты по длине корней незначительно отличались друг от друга, располагаясь в диапазоне от 69 до 61 мм.

Таким образом, наибольший ростстимулирующий эффект наблюдался в варианте, в котором для выращивания растений использовали C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>. Это явление может быть объяснено тем, что в состав вытяжки входят вещества –

стимуляторы роста. Чистая суспензия ЦБ и комбинированная с  $\text{CuSO}_4$  также оказывали стимуляцию длины проростков. Это обусловлено наличием большего спектра и количества веществ, чем в КЖ и вытяжках из нее.

Таблица 1

**Влияние исследуемых веществ на рост и развитие проростков ячменя сорта «Изумруд», освобожденных от зерновок (n = 30; P = 0,95)**

Вариант	Высота проростка, мм	Максимальная длина корня, мм	Среднее количество корней
Контроль ( $\text{H}_2\text{O}$ )	90±4	83±5	6
$\text{CuSO}_4$	85±4	66±5	6
ЦБ	94±5	70±6	6
ЦБ + $\text{CuSO}_4$	93±4	72±6	6
КЖ	85±4	67±5	6
КЖ + $\text{CuSO}_4$	84±5	72±4	6
$\text{C}_6\text{H}_{14}$	95±3	79±4	6
$\text{C}_6\text{H}_{14}$ + $\text{CuSO}_4$	89±5	70±7	6
$\text{CCl}_4$	84±4	61±5	7
$\text{CCl}_4$ + $\text{CuSO}_4$	85±3	69±6	6

Оценивали влияние компонентов КЖ *N. paludosum* 18 на накопление меди корнями и проростками ячменя. В вариантах с добавлением сульфата меди(II) наблюдали увеличение накопления металла в корнях, однако отличие от вариантов без добавления сульфата меди(II) недостоверно (табл. 2). Между вариантами внутри серий (серия без добавления меди и серия с добавлением) также нет достоверных различий между собой. Количество накопленного металла в вариантах без добавления меди статистически не отличаются от вариантов с ее добавлением. Таким образом, добавление ионов меди(II) в концентрации равной 3 мг/кг субстрата не приводит к достоверным изменениям содержания меди как в корнях, так и в проростках, однако существует тенденция к накоплению в ее корнях.

Таблица 2

**Накопление меди растениями ячменя на 3-е сутки (мкг/г)**

Вариант	Без меди		С медью	
	корни	проростки	корни	проростки
Контроль	10,0±3,0	2,5±0,8	18±6	2,9±0,9
ЦБ	16,0±5,0	2,6±0,8	20±6	2,0±0,7
КЖ	9,1±3,0	1,5±0,5	17±5	2,0±0,7
$\text{C}_6\text{H}_{14}$	12,0±4,0	2,4±0,7	15±5	2,2±0,7
$\text{CCl}_4$	10,8±3,0	1,2±0,4	20±8	3,9±1,2

Исследовали влияние компонентов КЖ на накопление борофицина (нерибосомального пептида ЦБ) в проростках ячменя. Установлено, что борофицин накапливается в проростках вариантов, в которых использовали суспензию ЦБ и вытяжки четыреххлористым углеродом из КЖ. Накопление происходит примерно в одном количестве,  $8 \cdot 10^{-4}$ – $10^{-3}$  мкг/г сухой массы проростков. В проростках остальных вариантов его обнаружено не было. При этом

борофицин присутствует практически в одинаковом количестве во всех субстратах в количествах 0,04 мкг/дм<sup>3</sup>. Предположительно, такая особенность связана с комплексом факторов, как со стороны растения, так и силой действия веществ субстанций, на которых растения выращивали.

При определении ПОЛ в растениях показано, что этот процесс происходит, в основном, под действием свободных радикалов, в норме ПОЛ поддерживается на определенном уровне. Активация ПОЛ может свидетельствовать как о патологических состояниях [13], так и о процессах адаптации. В результате эксперимента удалось выявить достоверное различие между вариантами с медью и без, в случае контроля и КЖ (табл. 3).

Таблица 3

**Накопление малонового диальдегида при перекисном окислении липидов в проростках ячменя на 3-е сутки, нмоль/г**

Вариант	Без меди	С медью
Контроль	32,9±2,7	21,9±3,2
ЦБ	15,4±0,9	15,7±0,8
КЖ	15,5±1,7	21,2±2,3
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	16,6±1,6	16,0±2,2
CCl <sub>4</sub>	20,0±1,5	20,2±1,1

Самый низкий уровень ПОЛ в варианте с ЦБ, стимуляция роста ячменя на ранних стадиях онтогенеза, указывают на положительную роль ЦБ для роста и развития растения. Добавление соли меди в концентрации 3 мг Cu/кг субстрата не оказывает какого-либо заметного влияния. Присутствие ЦБ в прикорневой зоне вызывает миграцию борофицина в проростки и небольшое увеличение содержания меди по сравнению с контролем в корнях. Выращивание ячменя на КЖ не и ее вытяжках привело к получению однозначного вывода о пользе веществ в таком виде.

Таким образом, заметного влияния почвенной цианобактерии *Nostoc paludosum* 18 и ее экзаметаболитов на рост и развитие 7-суточных проростков, освобожденных от зерновок, не обнаружено. Исследование физиолого-биохимического отклика ячменя на состав сред его произрастания показало, что в присутствии сульфата меди(II) в среде произрастания растений приводит к некоторому увеличению накопления металла в корневой системе. Нерибосомальный цианопептид борофицин, обнаруженный среди экзаметаболитов ЦБ, мигрирует в проростки при их выращивании на среде, содержащей суспензию ЦБ и экстракте четыреххлористым углеродом.

**Литература**

1. Řezanka T., Dembitsky V. M. Metabolites produced by cyanobacteria belonging to several species of the family Nostocaceae // Folia Microbiologica. May 2006. V. 51. No. 1. P. 159–182.
2. Ekebergh A., Borje A., Martensson J. Total synthesis of nostodione a, a cyanobacterial metabolite // Organic letters. 2012. V. 14. No. 24. P. 6274–6277.
3. Lewis John R. Amaryllidaceae, muscarine, imidazole, oxazole, thiazole and peptide alkaloids, and other miscellaneous alkaloids // Natural product reports. 2000. No. 1. P. 57–84.

4. Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Попов Л. Б., Зыкова Ю. Н. Биоремедиационные возможности почвенных цианобактерий (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 1. С. 8–17.
5. Домрачева Л. И., Широких И. Г., Фокина А. И. Антифузариозное действие цианобактерий и актиномицетов в почве и ризосфере // Микология и фитопатология. 2009. Т. 43. Вып. 2. С. 157–165.
6. Коваль Е. В., Чупрова Ю. В., Огородникова С. Ю. Действие метилфосфонатов и цианобактерии *Nostoc paludosum* на растения ячменя // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: ВятГУ, 2017. С. 141–144.
7. Зыкова Ю. Н. Свойства цианобактерий как объектов биотехнологий // Развитие научной творческой и инновационной деятельности молодежи: Материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых. Лесниково: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, 2016. С. 10–14.
8. Коваль Е. В., Селезнева А. В., Огородникова С. Ю. Действие цианобактерий *Nostoc paludosum* и гербицида глифосата на жизнедеятельность растений пшеницы (модельные опыты) // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: ВятГУ, 2017. С. 262–267.
9. Зяблых Р. Л., Панкратова Е. М., Трефилова Л. В., Устюжанин И. А. Цианобактерии *Nostoc paludosum* как основа для создания агрономически полезных микробных ассоциаций на примере бактерий рода *Rhizobium* // Микробиология. 2008. № 2. С. 266–272.
10. Домрачева Л. И., Фокина А. И., Трефилова Л. В. Фузариоз: биологический контроль, сорбционные возможности. Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 182 с.
11. Фокина А. И., Вахмянина С. А., Домрачева Л. И., Трушников П. А., Трефилова Л. В., Ашихмина Т. Я., Гнусова И. В. Исследование состава и свойств веществ культуральной жидкости почвенной цианобактерии *Nostoc paludosum* // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: ВятГУ, 2018. С. 193–196.
12. Кокшарова О. А. Применение методов молекулярной генетики и микробиологии в экологии и биотехнологии цианобактерий // Микробиология. 2010. Т. 79. № 6. С. 734–747.
13. Лелевич В. В. Биологическая химия. Гродно: ГрГМУ, 2009. 275 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ЭПИФИТНОЙ МИКРОФЛОРЫ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЛИСТОВАТЫХ ЛИШАЙНИКОВ**

*А. И. Малинина<sup>1</sup>, Л. И. Домрачева<sup>1,2</sup>, А. Л. Ковина<sup>1</sup>, Е. А. Домнина<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup>*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
nm-flora@yandex.ru,*

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

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

В лекции, прочитанной весной 1885 г., великий русский ботаник К. А. Тимирязев назвал лишайники «сфинксами» растительного мира. Современное определение лишайника характеризует его как экологически облигатный стабильный мутуализм между грибным партнером, который формирует среду обитания (микобионт), и живущей в нем популяции клеток водорослей либо цианобактерий (фотобионт). Такой симбиотический союз является лучшим индикатором загрязнения окружающей среды, так как высокая чувстви-

тельность лишайников к загрязнениям вызвана тем, что взаимодействие его компонентов легко нарушить [1].

В настоящее время география использования биомониторинга с помощью лишайников для оценки загрязнения воздуха довольно обширна в связи с нарастающим ухудшением экологической обстановки. При этом, как показали исследования, проведенные на территории промышленных районов (например, Кирово-Чепецкого химического комбината в Кировской области) показали, что лишайники отвечают на воздействие атмосферных загрязнений изменениями таких физиологических процессов, как фотосинтез, дыхание, а также изменение содержания общего и белкового азота и др. [2].

Как и высшие растения, лишайники имеют свой ареал, в частности, на основании исследований лишайников Антарктиды был предложен термин «лихеносфера». Он обозначает слой лишайниковой дернины с благоприятными условиями, создающими защитную микросреду обитания, благоприятствующую для организмов-поселенцев, включающий виды, филогенетически близки к микобионтам лишайников – редуценты, паразиты, эндемики, психрофильные эврибионты. Условия, создаваемые в лишайниковой дернине, обеспечивают микроорганизмы питанием и создают защитный барьер против низкой температуры, олиготрофии, сильных ветров и ультрафиолетового излучения, помогая микроорганизмам, неприспособленным к экстремальным условиям Антарктиды, выжить и распространиться [3].

В нашем регионе ранее также было установлено, что в жизни лишайника определенную роль играет специфический микробный комплекс – представители эпифитной микрофлоры, которые предположительно не только участвуют в стабилизации условий среды обитания лишайников за счет массового развития бактерий-азотфиксаторов, обогащающих среду обитания лишайников «биологическим» азотом, но и участвуют в интенсивности процессов деструкции при их отмирании [4].

Интерес к изучению все новых возможностей использования лишайников не угасает. Об этом свидетельствуют данные исследований по влиянию биомассы эпифитных лишайников на прорастание семян злаковых культур, где испытываемые лишайники применяются в виде измельченной высушенной мульчи [5].

Цель данной работы – определить степень сохранности эпифитной микрофлоры лишайников при полугодовом хранении, а также сравнить численность эпифитной микрофлоры лишайников из пригородной зоны г. Кирова и зоны объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» после завершения его работы.

Объектами исследования были талломы трех видов листоватых лишайников: *Peltigera canina* (L.) Willd., *Parmelia sulcata* Tayl. и *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. Два первых вида лишайников отбирали в конце сентября 2018 г. в окрестностях г. Кирова (село Макарье), третий вид – в зоне объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» после завершения его работы (вблизи пос. Мирный Оричевского района Кировской области). Дан-

ный вид в течение многих лет использовался для диагностики атмосферного загрязнения в районе функционирования объекта по хранению и уничтожению химического оружия «Марадыковский» [6, 7]. Пельтигеру собирали на почве между зарослями мхов, пармелию и гипогимнию – со стволов и веток деревьев хвойных пород.

Для оценки численности эпифитной микрофлоры лишайников применяли посев смывов с талломов на агаризованные среды. Методом предельных разведений учитывали 3 группы микроорганизмов: аммонифицирующие микроорганизмы на среде МПА, азотфиксирующие – на среде Эшби и микромицеты на среде Чапека. Посев на каждую питательную среду проведен в 3-х кратной повторности.

Определение численности эпифитной микрофлоры изучаемых видов лишайников, которые в течение 6 месяцев хранились в высушенном состоянии, показало, что наблюдается незначительное различие как в количественном обилии их эпибионтной микрофлоры, так и по отдельным физиологическим группам микроорганизмов (табл. 1). Наиболее обильна оказалась эпифитная микрофлора лишайника р. *Hypogymnia*, а наименее – р. *Parmelia* (в 1,5 раза).

Таблица 1

**Численность эпифитной микрофлоры лишайников (КОЕ/г•10<sup>2</sup>)  
после полугодового хранения в высушенном состоянии**

Лишайник	Аммонификаторы	Азотфиксаторы	Микромицеты	Всего
<i>Parmelia</i>	30,7±6,5	103,3±7,7	25,0±3,4	159,0±17,6
<i>Peltigera</i>	25,7±4,5	105,7±8,6	55,0±9,5	186,4±22,6
<i>Hypogymnia</i>	45,7±6,8	136,0±7,0	70,7±4,5	254,4±18,3

Доминирующей группой в микробных комплексах всех трех видов оказались азотфиксирующие бактерии (табл. 2).

Таблица 2

**Структура микробных комплексов листоватых лишайников (%)**

Лишайник	Аммонификаторы	Азотфиксаторы	Микромицеты
<i>Parmelia</i>	19,3	65,0	15,7
<i>Peltigera</i>	13,8	56,7	29,5
<i>Hypogymnia</i>	18,0	53,4	28,6

Таким образом, несмотря на определенные различия в численности отдельных микробных группировок, обитающих на талломах, общим для трех видов лишайников, отобранных в различных экотопах, является абсолютное доминирование азотфиксаторов при существенно более низких показателях, характеризующих обилие аммонификаторов и микромицетов.

Другая часть наших исследований была посвящена сравнительному анализу количественного обилия эпибионтов *Peltigera canina* и *Parmelia sulcata*, определяемого непосредственно после отбора образцов лишайников и после их 6-месячного хранения в высушенном состоянии. Установлено, что наблюдается резкое снижение общей численности микроорганизмов: почти в

5 раз на талломах р. *Peltigera* и менее значительное снижение эпифитной микрофлоры на талломах р. *Parmelia* (табл. 3).

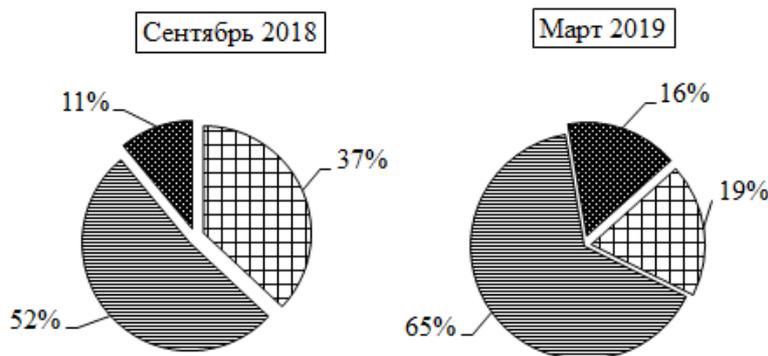
Таблица 3

**Изменение численности эпифитной микрофлоры лишайников (КОЕ/г·10<sup>2</sup>) в процессе хранения (сентябрь 2018 – март 2019)**

Группа микроорганизмов	Сентябрь 2018		Март 2019	
	<i>Parmelia</i>	<i>Peltigera</i>	<i>Parmelia</i>	<i>Peltigera</i>
Аммонификаторы	89,3±5,8	391,3±32,3	30,7±6,5	25,7±4,5
Азотфиксаторы	125,7±26,0	518,0±19,1	103,3±7,7	105,7±8,6
Микромицеты	28,3±7,3	64,3±5,8	25,0±3,4	55,0±9,5
Всего	243,3±159,0	973,6±254,4	159,0±17,6	186,4±22,6

Результаты группового сравнительного анализа показывают, что особенности эпибионтных микробных сообществ исследуемых видов лишайников различны (рис.). Так, у р. *Parmelia* численность аммонификаторов снизилась с 37% до 19% (на 18%) от общей численности эпибионтных микроорганизмов, а численность азотфиксаторов, напротив, повысилась на 13%. У *Peltigera* наблюдается снижение численности аммонифицирующих бактерий на 26%, численность микромицетов – на 22% при незначительном повышении численности азотфиксаторов (на 4%) в структуре микробных популяций.

**Пармелия борозчатая (*Parmelia sulcata* Tayl.)**



**Пельтигера собачья (*Peltigera canina* L.) Willd.)**

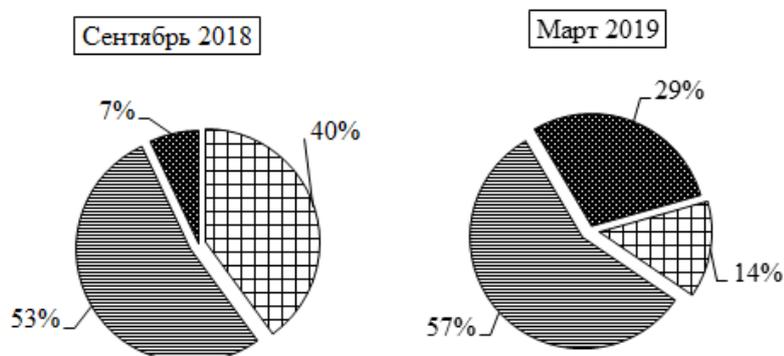


Рис. Изменение структуры эпифитной микрофлоры листоватых лишайников (%) в результате хранения (сентябрь 2018 – март 2019)

▣ - Аммонификаторы    ▨ - Азотфиксаторы    ▤ - Микромицеты

Таким образом, в ходе проведения исследований еще раз доказали, что численность эпифитной микрофлоры не одинакова у разных видов лишайников. Однако даже после длительного хранения относительно близкими являются показатели структуры микробных комплексов – преобладание азотфиксаторов и сходное представительство аммонификаторов и микромицетов.

При сравнительном анализе изменения численности эпифитной микрофлоры лишайников в процессе хранения установили, что микробные комплексы оказались чувствительны к меняющимся условиям окружающей среды. Процесс высушивания лишайников р. *Peltigera* и р. *Parmelia* стал стресс-фактором, в первую очередь, для аммонифицирующих бактерий, тогда как микромицеты и азотфиксаторы оказались более устойчивыми.

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

#### Литература

1. Качалкин А. В., Глушакова А. М., Панкратов Т. А. Дрожжевое население лишайников полуострова Киндо // Микробиология, 2017. Т. 86. № 6. С. 762–769.
2. Домнина Е. А. Физиолого-биохимические изменения у лишайников под влиянием атмосферного загрязнения в районе Кирово-Чепецкого химического комбината: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2005. 23 с.
3. Santiago I. F., Soares M. A., Rosa C. A., Rosa L. H. Lichensphere: a protected natural microhabitat of the non-lichenised fungal communities living in extreme environments of Antarctica // Extremophiles. 2015. V. 19. P. 1087–1097.
4. Ковина А. Л., Домрачева Л. И., Малинина А. И. Эпибионты листоватых лишайников // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2018. С. 233–235.
5. Храменкова О. Влияние биомассы эпифитных лишайников на прорастание семян злаковых культур // Наука и инновации. 2017. № 5. С. 68–72.
6. Дударова Н. М., Домнина Е. А., Ашихмина Т. Я. Изучение содержания общего фосфора в эпифитном лишайнике *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. В районе действия объекта по уничтожению химического оружия «Марадыковский» // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2009. С. 153–155.
7. Домнина Е. А., Огородникова С. Ю., Степанова И. Д. Оценка состояния лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. В районе размещения объекта уничтожения химического оружия в Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2017. С. 164–166.

# СИСТЕМА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ

*А. Ю. Маслова, В. С. Сибирцев, А. В. Крылов,  
Р. Кубанычбек, А. А. Марченко*

*ФГАОУВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»,  
vs1969r@mail.ru*

Состояние окружающей среды является одним из важнейших факторов, определяющих жизнедеятельность человека. В связи со все ускоряющимся развитием технологий, увеличением объемов и разнообразия производимой и потребляемой человечеством продукции, а также увеличением народонаселения в целом и концентрацией его в районах мегаполисов увеличивается все более и антропогенная нагрузка на окружающую среду, а также усложняется ее характер (определяемый, в частности, уже не одним или несколькими доминирующими, а множеством разнообразных источников загрязнения окружающей среды) и территориальное распределение. Высокие концентрации многих химических элементов и соединений, обусловленные техногенными процессами, обнаружены в настоящее время во всех природных средах: атмосфере, воде, почве. Переходные металлы 4-го периода (такие как Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn) относятся к наиболее распространенным поллютантам водной и почвенной среды. Причем свое токсическое действие эти металлы проявляют, как правило, только в виде ионов.

В связи с этим интересным представлялось оценить воздействие наиболее устойчивых и распространенных ионных форм упомянутых металлов на жизненную активность микроорганизмов. При этом именно микроорганизмы были взяты для исследования потому, что они, во-первых, в определенной степени могут служить моделью любого живого организма (включая человеческий), и во-вторых, преобладают в количественном отношении и являются основой большинства экологических систем. Вследствие чего, знание основных условий взаимодействия между окружающей средой и микроорганизмами позволит разработать, во-первых, более надежные и адекватные системы оценки экологической безопасности среды, а во-вторых, при необходимости, эффективные мероприятия по борьбе с нежелательными микроорганизмами либо по использованию микроорганизмов в различных биотехнологических процессах (включая дезактивацию ими отходов человеческой жизнедеятельности, синтез либо биотрансформацию различной кормовой, пищевой, лекарственной и иной продукции и т.п.).

Оценка влияния ионов металлов на жизнедеятельность микроорганизмов проводилась потенциометрическим и кондуктометрическим методами, ранее уже применявшимися нами для биотестирования различных других систем [1–8]. Всего было проведено 3 серии измерений. В каждой серии ис-

следовалась кинетика роста в 21-й пробирке. При этом сначала в каждую из пробирок (кроме № 1–3, используемых в качестве контроля) добавлялось (по три пробирки в параллель) от 0,1 до 0,02 мл водного раствора хлорида, сульфата либо нитрата (которые, как известно, мало влияют на жизнедеятельную активность микроорганизмов), содержащего интересующий нас катион металла в концентрации от 1 до 0,1 моль/л (М).

Затем в каждую из пробирок добавлялось по 1 мл бактериальной закваски (в качестве которой был выбран штамм *Lactobacillus bulgaricus* 298, являющийся типичным представителем кисломолочных бактерий, активно участвующих в трансформации различных органических и биорганических веществ и материалов непосредственно в природной среде, а также широко используемых человеком, в частности, при промышленном производстве различной кисломолочной продукции), содержащей  $10^7$  КОЕ/мл тестовых микроорганизмов (ТМ), и 9 мл 1,5 % молока. После чего все пробирки в течение 5-и часов инкубировались при температуре  $40 \pm 0,1$  °С.

При этом в каждой из пробирок непосредственно перед началом и сразу после окончания инкубации регистрировались значения рН, редокс потенциала ( $E$ , мВ) и низкочастотной, удельной, линейной электропроводности ( $X$ , мСм/см). Причем, значения рН и  $E$  регистрировались с помощью предварительно откалиброванного иономера «Эксперт-001» с комбинированными электродами «ЭСК-10601/7» и «ЭРП-105» соответственно. А значения  $X$  регистрировались с помощью кондуктометра «Эксперт-002» с датчиком «УЭП-П-С», работающим на частоте 1,6 кГц.

Затем полученные значения усреднялись (сначала по 3-м параллельным образцам внутри каждой серии измерений, а затем между сериями), и для каждого из усредненных значений рассчитывался 95% доверительный интервал. После чего общая степень ингибирования жизнедеятельности ТМ рассчитывалась по формуле  $\varepsilon_s = (\varepsilon_{pH} + 0,4 \varepsilon_E + 0,6 \varepsilon_X) / 2$ , где  $\varepsilon_Y = 100 \times (\Delta Y_t - \Delta Y_c) / \Delta Y_c$ , а  $\Delta Y_t$  и  $\Delta Y_c$  – усредненные по 9-и параллельным образцам изменения значений рН,  $E$  или  $X$ , произошедшие за время инкубирования тестовых микроорганизмов в присутствии избыточных количеств ионов переходных металлов ( $\Delta Y_t$ ) и в их отсутствие ( $\Delta Y_c$ ).

Исходя из полученных при этом значений можно было сделать следующие выводы. Ионы  $Cu^{2+}$  полностью ингибировали жизнедеятельность ТМ вплоть до концентрации  $10^{-3}$  М. При меньших концентрациях ионов  $Cu^{2+}$  ( $C_{Cu}$ ) их ингибирующее действие на жизнедеятельность ТМ достаточно резко снижалось. Так при  $C_{Cu}$  равной  $5 \times 10^{-4}$  и  $2 \times 10^{-4}$  М, жизнедеятельность *Lactobacillus bulgaricum* ингибировалась уже лишь на 73 и 35 % соответственно.

Ионы  $Ni^{2+}$  полностью ингибировали жизнедеятельность ТМ вплоть до концентрации  $5 \times 10^{-3}$  М. При меньших концентрациях ионов  $Ni^{2+}$  ( $C_{Ni}$ ) их ингибирующее действие на жизнедеятельность ТМ снижалось более плавно, чем в случае  $Cu^{2+}$ . Так при  $C_{Ni}$ , равной  $1 \times 10^{-3}$  и  $5 \times 10^{-4}$  М жизнедеятельность *L. bulgaricum* ингибировалась на 65 и 39 % соответственно.

Ионы  $\text{Fe}^{3+}$  в концентрации 0,03 М ингибировали жизнедеятельность ТМ на 65% (то есть почти в 3 раза), а в концентрации 0,01 М – всего лишь на 10%. Сходной с  $\text{Fe}^{3+}$  была и биологическая активность ионов  $\text{Co}^{2+}$ , которые в концентрациях 0,03 и 0,01 М ингибировали жизнедеятельность ТМ на 73 и 12% соответственно.

Ионы  $\text{Mn}^{2+}$  и  $\text{Cr}^{3+}$  ингибировали жизнедеятельность ТМ в несколько большей степени, чем  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Co}^{2+}$ , но в существенно меньшей степени, чем  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Ni}^{2+}$ . Так, ионы  $\text{Cr}^{3+}$  в концентрациях 0,03 и 0,01 М ингибировали жизнедеятельность ТМ на 82 и 17 % соответственно. А ионы  $\text{Mn}^{2+}$  в концентрациях 0,03 и 0,01 М ингибировали жизнедеятельность ТМ на 85 и 20 % соответственно.

И, наконец, в наименьшей степени из исследованных катионов ингибировали жизнедеятельность ТМ ионы  $\text{Zn}^{2+}$  (на 32 и 3% в концентрациях 0,03 и 0,01 М соответственно).

Таким образом по степени убывания ингибирующей активности в отношении *L. bulgaricum* наиболее устойчивые ионные формы наиболее распространенных металлов 4-го периода Таблицы Менделеева можно упорядочить в следующий ряд:  $\text{Cu}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Cr}^{3+} > \text{Co}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Zn}^{2+}$ .

#### Литература

1. Сибирцев В. С., Красникова Л. В., Шлейкин А. Г., Строев С. А., Наумов И. А., Олехнович Р. О., Терещенко В. Ф., Шабанова Э. М., Мусса Аль-Хатиб Новый метод биотестирования с применением современных импедансных технологий // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15. № 2. С. 275–284. doi: 10.17586/2226-1494-2015-15-2-275-284.
2. Сибирцев В. С., Кулаков А. Ю., Строев С. А. Кондуктометрическое биотестирование в применении к оценке про- и антибактериальных свойств католитов и анолитов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 3. С. 573–576. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-3-573-576.
3. Сибирцев В. С., Наумов И. А., Куприна Е. Э., Олехнович Р. О. Применение методики импедансного биотестирования для оценки действия фармацевтических соединений на рост микроорганизмов // Химико-фармацевтический журнал. 2016. Т. 50. № 7. С. 51–55.
4. Красникова Л. В., Сибирцев В. С., Скобелева И. И. Биотехнология функционального кисломолочного продукта с разным соотношением пробиотических культур // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2016. № 35 (61). С. 60–63.
5. Сибирцев В. С., Игнатьева А. Ф., Шичкова К. А., Чан Тхань Туан, Строев С. А., Радин М. А. Исследование влияния высокочастотных электрических полей на жизнедеятельность микроорганизмов при различной температуре // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 2. С. 279–286. doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-2-279-286.
6. Sibirtsev V. S., Olekhovich R. O., Samuylova E. O. Assessment of integral toxicity of water resources by instrumental methods of analysis. // SGEM Conference Proceedings. 2017. V. 17. № 61. P. 507–514. doi: 10.5593/sgem2017/61/S24.066.
7. Kokina M. S., Frioui M., Shamtsyan M., Sibirtsev V. S., Krasnikova L. V., Konusova V. G., Simbirtsev A. S. Influence of pleurotus ostreatus beta-glucans on the growth and activity of certain lactic acid bacteria // Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. 2018. V. 19. № 4. P. 465–471.

8. Сибирцев В. С., Строев С. А. Оптико-электрохимическая микробиотестовая система оценки токсической безопасности нефтепродуктов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 1. С. 74–81. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-1-74-81.

## ИНФОРМАТИВНОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ЖАККАРА В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ

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

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

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

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

Для характеристики степени различия флористического состава биоценозов экологами, геоботаниками и другими исследователями активно используется коэффициент Жаккара. Данный коэффициент был предложен Полем Жаккаром в 1901 г. и рассчитывается по формуле:

$$K_j = \frac{C}{D} \cdot 100,$$

где  $D$  – сумма видов первой и второй флоры,  $c$  – число видов, общих для сравниваемых флор. Пределы  $K_j$  варьируют от 0 до 100. При  $K_j = 100$  отмечается полное соответствие сравниваемых флор [1].

Исследования проводились в долине р. Вятки в районе г. Кирово-Чепецка. Пробы воды для изучения альгофлоры отбирались из пойменного озера Березовое и из карьера, связанного с оз. Березовым мелководной протокой, ежегодно, начиная с 2014 г. Отбор проводился в одно и то же время – в середине августа. Во время весеннего паводка водоемы ежегодно промываются. В зависимости от интенсивности паводка смывается слой разной мощности, вплоть до полного обновления воды. При этом существенно меняется состав воды. После паводка в водоем поступают высокоминерализованные подземные воды, происходит стратификация водоема по концентрации солей. В межпаводковый период граница высокоминерализованных вод постепенно поднимается к поверхности. Влияние паводка на альгофлору заключается в изменении ее состава вследствие выноса и возможного приноса видов [2].

Для изучения фитопланктона использовали метод отстаивания: 0,5 литра пробы воды из водоема помещали в бутылку и фиксировали 2 мл 40% формалина до появления устойчивого запаха. Вода отстаивалась 15–20 дней, планктон в это время осаждался. Воду отсасывали из середины бутылки сифоном, при этом планктон оставался на дне. Видовой состав фитопланктона изучали под микроскопом. Видовое разнообразие за период изучения представлено в таблице 1.

Показано, что в целом количество видов небольшое, изменяется по глубинам, причем, если до 2016 года видовое разнообразие увеличивалось с глубиной, то позднее проявлялась скорее обратная тенденция. После высокого паводка 2016 года количество видов в обоих водоемах увеличилось.

**Сравнительная характеристика видового разнообразия водорослей  
в водоемах в 2014–2018 гг.**

Место и глубина отбора проб	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Оз. Берёзовое – 0,05м	0	9	9	14	15
Оз. Берёзовое – 3 м	-	9	7	14	14
Оз. Берёзовое – 6 м.	13	13	8	11	12
Карьер за оз. Берёзовым – 0,05 м	3	3	5	11	12
Карьер за оз. Берёзовым – 2,5 м	-	7	5	8	14
Карьер за оз. Берёзовым – 5 м	7	10	7	5	14
Карьер за оз. Берёзовым – 7,5 м	-	-	3	9	7

Для сравнения видового разнообразия альгофлоры проб, отобранных с разных глубин, рассчитали коэффициенты Жаккара (табл. 2).

В 2015 г. было отмечено высокое сходство альгофлор в пробах из двух верхних слоев озера Березового (63,6), а также выявлено сходство альгофлор на соответствующих глубинах в двух водоемах: коэффициент сходства на глубине 2,5 м и 5 м достигал 60 и более. В 2016 г. после паводка вода в озере Березовом полностью обновилась, в карьере – до глубины 5 м, самые нижние слои воды (мощностью около 3 м) не смылись. Коэффициент сходства альгофлоры в озере снизился, но в карьере он был очень высоким, причем в толще воды до 2,5 м альгофлора была идентичной. В последующие два года (2017 и 2018 гг.) паводки были невысокими, по-прежнему, проявлялось высокое сходство альгофлор по глубинам в карьере. В озере Березовом во всех трех пробах в 2017 г. коэффициент Жаккара составлял 47,1, что указывало на умеренное сходство альгофлор. В 2018 г. выявлено различие альгофлор по глубинам, причем особенно отличалась придонная проба. Между сообщаемыми поверхностными слоями воды озера и карьера эти различия нивелируются. Можно предположить, что такие особенности альгофлоры обусловлены изменением состава подземных вод, разгружающихся в озеро.

Таблица 2

**Коэффициенты Жаккара, представленные по глубинам в 2015–2018 гг.**

2015 г. \ 2016 г.	Березовое 0,05 м.	Березовое 2,5 м	Березовое 5 м	Карьер 0,05 м	Карьер 2,5 м	Карьер 5 м
Березовое 0,05 м		<b>63,6</b>	29,4	20	33,3	35,7
Березовое 2,5 м	14,3		29,4	20	<b>60</b>	35,7
Березовое 5 м	31	25		23	25	<b>64,3</b>
Карьер 0,05 м	40	33	30		25	30
Карьер 2,5 м	40	33	30	<b>100</b>		41,7
Карьер 5 м	23	27	25	<b>50</b>	<b>50</b>	

2017 г. \ 2018 г.	Березовое 0,05 м.	Березовое 2,5 м	Березовое 5 м	Карьер 0,05 м	Карьер 2,5 м.	Карьер 5 м	Карьер 7 м
Березовое 0,05 м		40,0	47,1	47,1	57,1	46,2	43,8
Березовое 2,5 м	20,8		47,1	47,1	37,5	35,7	<b>53,3</b>
Березовое 5 м	<b>12,5</b>	<b>13,0</b>		29,4	<b>58,3</b>	45,4	<b>66,7</b>
Карьер 0,05 м	<b>50</b>	23,8	<b>14,3</b>		<b>58,3</b>	33,3	42,9
Карьер 2,5 м	38,1	27,3	<b>13,0</b>	<b>62,5</b>		<b>62,5</b>	<b>54,5</b>
Карьер 5 м	<b>52,6</b>	33,3	<b>13,0</b>	44,4	<b>55,5</b>		<b>55,6</b>
Карьер 7 м	<b>46,7</b>	23,5	<b>12,6</b>	<b>58,3</b>	40,0	<b>50,0</b>	

Таким образом, коэффициенты различия (сходства) Жаккара являются весьма информативными для сравнительного анализа альгофлоры водоема.

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

## Литература

1. Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. 175 с.
2. Кондакова Л. В., Дабах Е. В., Кантор Г. Я. Динамика видового разнообразия альгофлоры пойменного водоема // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ВятГУ, 2018. С. 41–43.

## ПОДХОД К ПОИСКУ И ВЫДЕЛЕНИЮ МИКРООРГАНИЗМОВ-ДЕСТРУКТОРОВ ФЕНОЛА

*Т. Н. Кувичкина*<sup>1</sup>, *В. Е. Носулич*<sup>2</sup>, *Е. Н. Капаруллина*<sup>1</sup>, *Н. В. Доронина*<sup>1</sup>,  
*А. А. Макаренко*<sup>3</sup>, *А. Н. Решетилов*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт биохимии и физиологии микроорганизмов  
имени Г. К. Скрыбина ФИЦ ПНЦБИ РАН, *kuv@ibpm.pushchino.ru*

<sup>2</sup> Самарский национальный исследовательский университет  
имени С. П. Королева, *victoriansulich@mail.ru*

<sup>3</sup> ООО Эмульсионные технологии, *sansuno@mail.ru*

Фенол и его производные являются загрязнителями промышленных стоков химических и нефтеперерабатывающих заводов, газо- и угледобывающей промышленности. Наиболее перспективным методом утилизации фенола является биоремедиация, что обуславливает интерес к поиску новых штаммов-деструкторов фенола. К настоящему моменту описано достаточно культур, способных использовать фенол в качестве источника углерода и энергии, например *Rhodococcus opacus* 1 G [1], *Gordonia alkanivorans* 51D [2], *Candida parapsilosis* и *Arxula adenivorans* [3], *Trichoderma sp.* [4].

Целью настоящей работы являлось выделение штаммов микроорганизмов с фенолдеградирующими свойствами.

Объектом исследования являлись образцы почвы, собранные из очистных сооружений промзоны г. Самара. Отбор образцов осуществлялся летом 2018 и зимой 2019 года. Для выделения фенолдеградирующих микроорганизмов применяли метод накопительных культур. Для культивирования микроорганизмов использовалась жидкая минеральная (селективная) среда Kaneda следующего состава, г/л:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 2,0;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – 2,0;  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,125;  $\text{NaCl}$  – 0,5;  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,002, pH 7,5 [5]. В качестве источника углерода использовали 0,025% фенола. Необходимый pH получали путем добавления 5M NaOH на pH-метре («Эксперт-pH», Россия). Среду стерилизовали автоклавированием в режиме 0,5 атм в течение 30 минут. Культивирование проводили в колбах Эрленмейера вместимостью 750 мл с рабочим объемом 200 мл при добавлении 1 г пробы в течение 3 суток на качалке (180 об/мин) при температуре 28 °С. Для получения стабильных сообществ произвели 3 последовательных пересева в свежеприготовленную среду того же состава. Доля посевного материала составила 5% (10 мл). Наличие роста микроорганизмов отмечали визуально по помутнению среды.

Для получения агаризованной среды того же состава добавляли 1,9% агара. Культивирование микроорганизмов проводили в парах фенола, используя эксикатор.

При первичном посеве накопительной культуры на плотную агаризованную среду использовали модифицированный метод Дригальского [6]. В микробиологическом боксе вносили каплю накопительной культуры на пустую чашку Петри. Равномерно распределяли каплю шпателем по поверхности чашки, переносили шпатель на следующие две пустые чашки Петри, после чего на чашки Петри с минеральной селективной средой в двух повторностях. Культивирование продолжалось в течение 4-х суток.

Полученные единичные колонии пересевали микробиологической петлей истощающим посевом на свежую селективную среду Kaneda для очистки и получения изолированных колоний. Для предварительной идентификации микроорганизмов была проведена микроскопия изолятов летнего (рис. 1) и зимнего образцов (рис. 2).

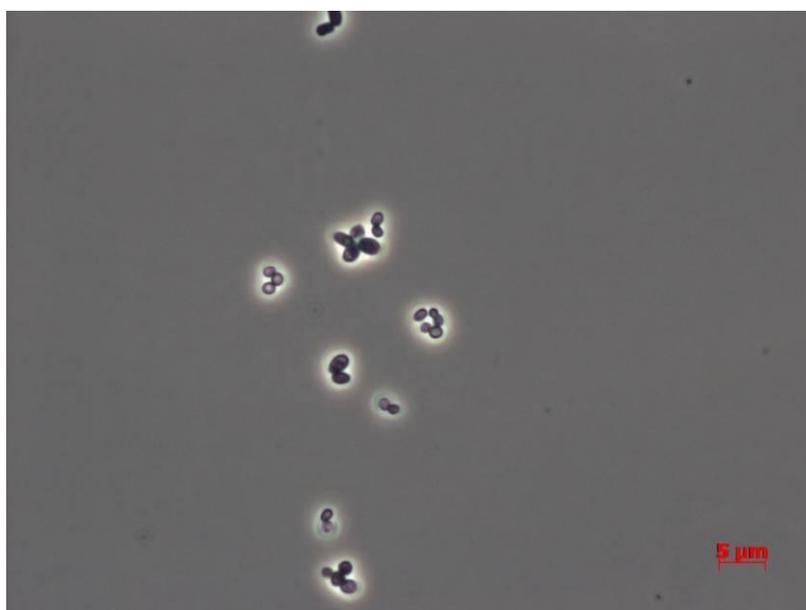


Рис. 1. Микроскопирование летнего образца почвы, полученного методом накопительных культур

При микроскопии изолята использовали микроскоп AXIO Imager A1 (ZEISS), цифровая фотокамера AxioCam (ZEISS) и программу для обработки изображения AxioVision AC [7].

При микроскопии летнего препарата (рис. 1) было обнаружено наличие двух типов клеток, что свидетельствует о необходимости дальнейших пересевов с целью выделения чистой культуры. На зимнем образце (рис. 2) наблюдалось наличие палочкообразных микроорганизмов и кокковидных клеток.

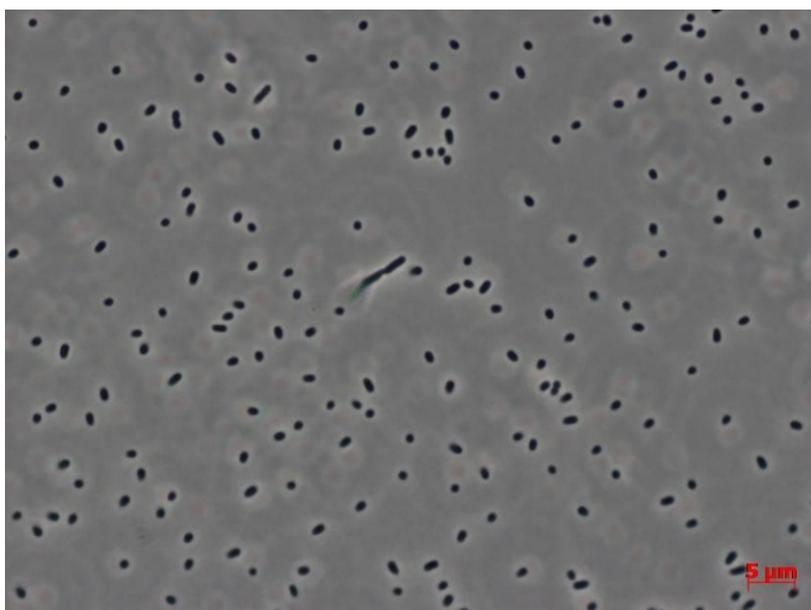


Рис. 2. Микроскопирование зимнего образца почвы, полученного методом накопительных культур

Для выделения чистых культур фенолоксиляющих микроорганизмов совершали последовательные пересевы единичных колоний с минеральной селективной среды Kaneda на богатую среду 5x5 следующего состава, г/л: бакто-триптон («Pronadisa», Испания) – 5,0; соевый пептон («Difco», США) – 5,0; дрожжевой экстракт – 1,0; аминокептид («Самсон-Мед», Россия) – 60 мг;  $H_2O_{дист}$  – до 1 л. Культивирование проводили в течение 3-х суток в парах фенола, используя эксикатор. Далее совершали последовательные пересевы по схеме: богатая среда – селективная среда – богатая среда. Удалось получить визуально однородные колонии розового (летний образец) и бежевого цвета (зимний образец). Была проведена повторная микроскопия изолятов летнего (рис. 3) и зимнего образцов (рис. 4).

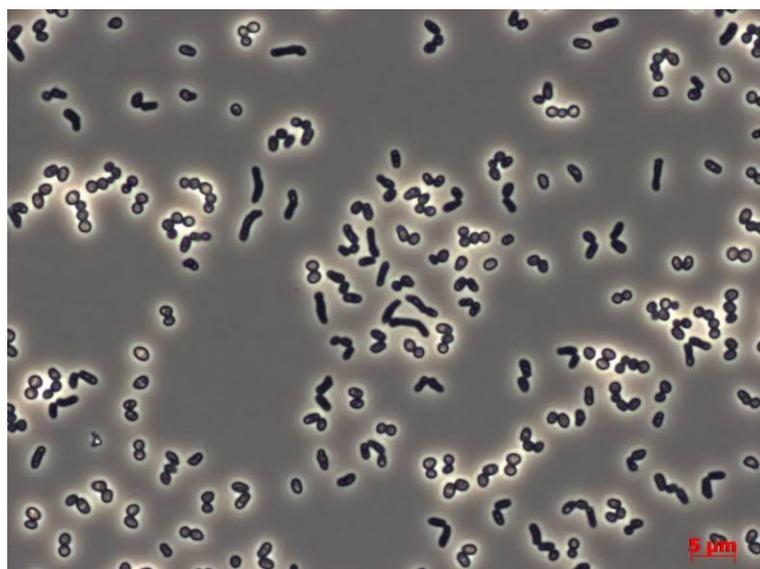


Рис. 3. Микроскопирование летнего образца почвы после последовательных пересевов с богатой на селективную среду

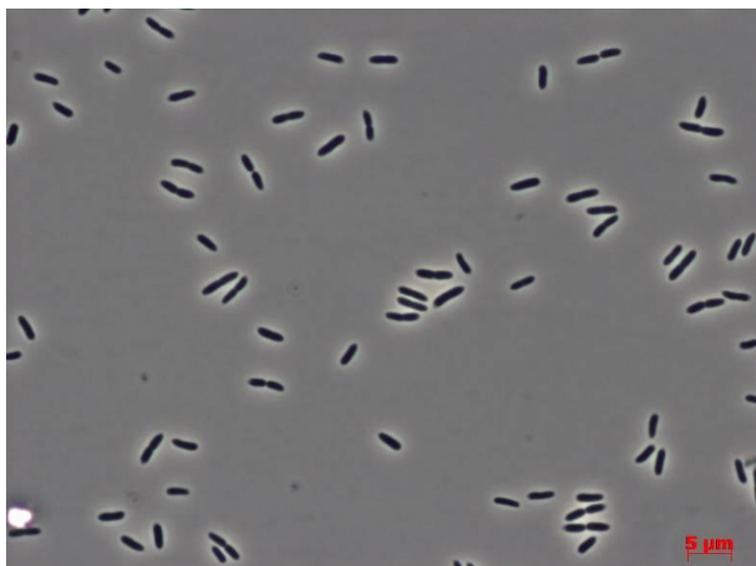


Рис. 4. Микроскопирование зимнего образца почвы после последовательных пересевов с богатой на селективную среду

При микроскопии летнего препарата после дополнительной очистки (рис.3) можно наблюдать бактериальные микроорганизмы, предположительно имеющие признаки рода *Rhodococcus*. На зимнем препарате (рис.4) изображена чистая культура палочкообразных микроорганизмов.

*Выводы.* В результате проведенного исследования из почвы промзоны г. Самара удалось выделить чистые культуры микроорганизмов, используя метод накопительных культур, модифицированный метод Дригальского и метод истощающего посева. Исследована способность к росту на селективной среде Kaneda с парами фенола как единственным источником углерода и энергии. В дальнейшем представляет интерес провести анализ морфологических признаков и выявить видовую принадлежность полученных штаммов микроорганизмов, а также изучить влияние концентраций фенола на изучаемые микроорганизмы.

*Авторы выражают благодарность А. Н. Звонареву за предоставленную помощь при микроскопии образцов и получении снимков препаратов.*

#### Литература

1. Шумкова Е. С., Соляникова И. П., Плотникова Е. Г., Головлёва Л. А. Разложение фенола штаммом *Rhodococcus oracus* 1G // Прикладная Биохимия и Микробиология. 2009. Т. 45. № 1. С. 51–57.
2. Жарикова Н. В., Журенко Е. Ю., Ясаков Т. Р., Коробов В. В., Сагитова А. И., Стариков С. Н., Стамбулиди А. А., Гимранов Э. А., Маркушева Т. В. Новый штамм-деструктор фенола и хлорфенолуксусных кислот *Gordonia alkanivorans* 51D // Известия Уфимского Научного Центра РАН. 2015. № 4. С. 62–66.
3. Middelhoven W. J., Coenen A., Kraakman B., Sollewijn Gelpke M. D. Degradation of some phenols and hydroxybenzoates by the imperfect ascomycetous yeasts *Candida parapsilosis* and *Arxula adenivorans*: evidence for an operative gentisate pathway // Antonie van Leeuwenhoek 62. 1992. С. 181–187.
4. Бондарь П. Н., Любяшкин А. В. Скрининг штаммов рода *Trichoderma* – биодеструкторов фенола // Технические науки. 2015. № 12. С. 1091–1094.

5. Доронина Н. В., Капарулина Е. Н., Троценко Ю. А. Уточненное описание *Methylovorus glucosotrophus* Govorukhina and Trotsenko 1991 // Микробиология. 2016. Т. 85. № 5. С. 506–511.

6. Киборт Р. В., Годяева Л. А. Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов ИГМУ по теме: «Физиология микроорганизмов». ГОУ ВПО ИГМУ Минздравсоцразвития России. 2009.

7. Носулич В. Е., Быков А. Г., Кувичкина Т. Н., Макаренко А. А., Решетилов А. Н. Микроорганизмы с фенолдеградирующими свойствами из очистных сооружений // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2018. Вып. 3. С. 98–103.

## СЕКЦИЯ 5 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ РЕДКОГО ЭНДЕМИЧНОГО ВИДА *ACANTHOLIMON NURATAVICUM* ZAKIROV EX LINCZ. (PLUMBAGINACEAE)

*В. К. Шарипова, Н. К. Рахимова, Н. Ю. Бешко*  
Институт ботаники АН РУз, *vasila\_82@mail.ru*

Изучение редких и эндемичных видов относится к числу приоритетных задач в области ботаники, что связано с возрастающей актуальностью и значимостью проблемы изучения и сохранения биологического разнообразия. Наиболее перспективный метод изучения редких и эндемичных видов растений – это исследование их природных популяций. В связи с этим, Институтом ботаники АН РУз в последние годы проводится целенаправленное изучение современного состояния ценологических популяций редких и эндемичных видов растений, внесенных в Красную книгу Узбекистана. В 2018 г. в ходе полевых исследований на хребте Нуратау, выполнявшихся в рамках государственного гранта ПЗ-20170919165 «Кадастр редких и исчезающих видов сосудистых растений Навоийской и Бухарской областей», были изучены 2 ценологических популяции узколокального эндемичного краснокнижного вида *Acantholimon nuratavicum* Zakirov ex Lincz..

Род *Acantholimon* Boiss. преимущественно распространен в пределах Ирано-Туранской области Древнесредиземноморского подцарства Бореального флористического царства. Одним из центров разнообразия является Средняя Азия, где, согласно И. А. Линчевскому [1], произрастают 78 видов. На территории Узбекистана встречаются 25 видов, в том числе ряд узких эндемиков. Четыре вида занесены в национальную Красную книгу [2]. Для хребта Нуратау, расположенного в северо-западных отрогах горной системы Памиро-Алая, известны 3 эндемичных вида – *A. nuratavicum* Zakirov, *A. subavenaceum* Lincz. и *A. zakirovii* Beshko; все они относятся к секции *Staticopsis* Boiss. [3–5]. *A. nuratavicum* занесен в Красную книгу Узбекистана со статусом 2 [2].

Современная литература располагает скудными данными о биологии и состоянии популяций среднеазиатских видов *Acantholimon* Boiss. И. В. Белолиповым [6] приведены биоэкологические и фенологические данные по 10 видам рода *Acantholimon* в условиях интродукции в Ташкентском ботаническом саду и даны практические рекомендации по выращиванию этих растений для цветоводства. Демографическая структура природных популя-

ций акантолимонов в горной Средней Азии до настоящего времени детально не изучалась.

Изучение онтогенеза, плотности и характера возрастного спектра природных популяций *A. nuratavicum* имеет большое теоретическое и практическое значение в связи с разработкой общих представлений о стратегии вида в сообществах, а также в связи с необходимостью подготовки нового издания Красной книги Республики Узбекистан в соответствии с международными стандартами.

*A. nuratavicum* – полукустарник, образующий плотные, довольно высокие полушаровидные подушки до 20 см в диаметре (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид *Acantholimon nuratavicum* Zakirov

Листья зеленовато-сизые, плоско-трёхгранные, узколинейно-ланцетные или почти шиловидные, длиной 0,5–1 см, шириной 0,5–1 мм, густо и очень короткоопушенные. Цветоносы значительно превышают листья, высотой 10–15 см. Цветки в колосовидных соцветиях. Чашечка густоопушенная, розовая, лепестки розовые. Цветёт в июле-августе, плодоносит в августе-сентябре. Вид был описан по экземпляру, собранному в 1928 г. Якимовой и Москвиным на плато к югу от озера Сентябукуль (Фазильман). Узкий эндемик хребта Нуратау, эндемик Узбекистана [2, 4, 5]. Большинство известных местонахождений *A. nuratavicum* расположено на территории Нуратинского заповедника.

Онтогенетическая структура ценопопуляций *A. nuratavicum* ранее никем не изучалась. Нами исследована онтогенетическая структура двух ЦП *A. nuratavicum*, произрастающих на Нуратинском хребте вблизи *locus classicus* данного вида (рис. 2).

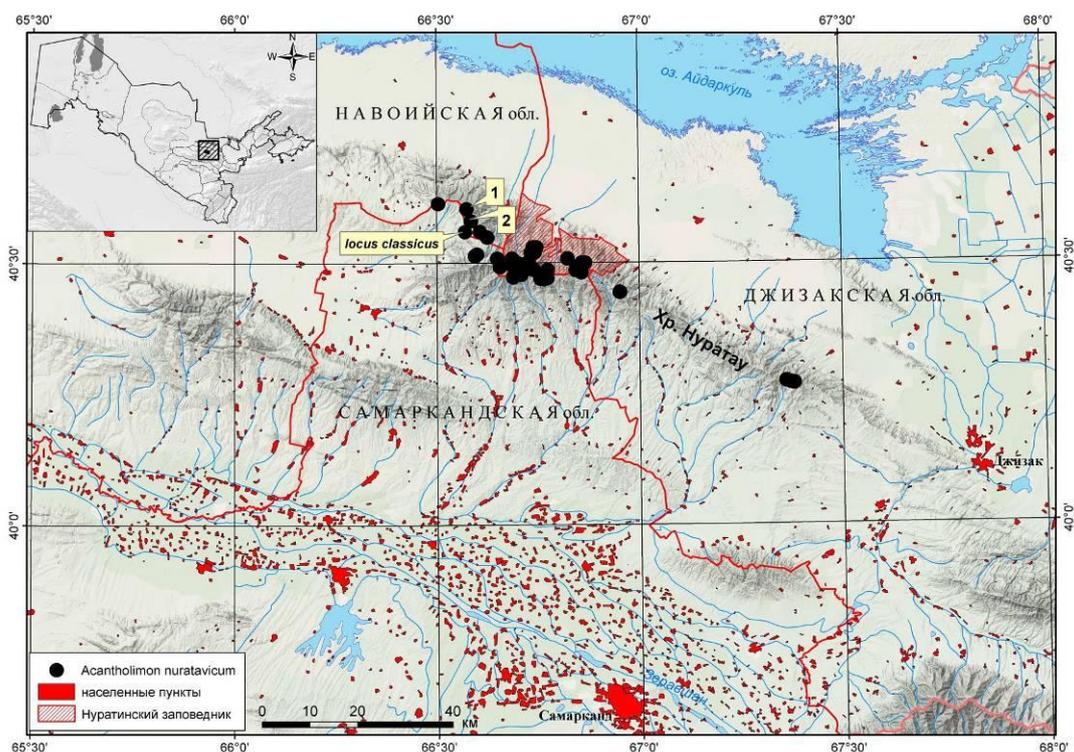


Рис. 2. Карта распространения *Acantholimon nuratavicum* (1, 2 – изученные ценопопуляции)

Первая из изученных ценопопуляций произрастает на высоте 1615 м н.у.м., на северном склоне хребта Нуратау в окрестностях перевала Соб, в составе эфемероидово-рангово-полынного сообщества, на грубоскелетной коричневой слабокарбонатной почве. Географические координаты ценопопуляции: N40°36'42" E66°34'20". Общее проективное покрытие травостоя составляет 40%. На описываемом участке ведутся геологоразведочные работы. Флористический состав сообщества не богат и складывается из 12 видов сосудистых растений (табл.). Доминируют *Artemisia tenuisecta* Nevski, *Carex pachystylis* J. Gay и *Ferula ovina* Boiss.

Вторая ценопопуляция расположена на мелкоземистой сильно смытой коричневой слабокарбонатной почве на пологом плато между перевалом Соб и озером Фазильман (рис. 2). Географические координаты ценопопуляции: N40°35'51" E66°33'47". В полынно-типчаковом сообществе, где изучалась данная ценопопуляция, преобладают *Festuca valesiaca* Gaudin и *Artemisia tenuisecta*. Флористический состав сообщества небогат и состоит из 9 видов сосудистых растений (табл.). Общее проективное покрытие травостоя достигает 40%, а проективное покрытие *A. nuratavicum* в данном сообществе составляет 3%.

**Видовой состав и обилие видов в эфемероидово-рангово-полынном и  
полынно-тыпчаковом сообществах**

№	Название растений	Жизненная форма	Проективное покрытие, %	
1	<i>Astracantha bactriana</i>	Кустарник	+	+
2	<i>Artemisia tenuisecta</i>	Полукустарник	20	7
3	<i>Acantholimon nuratavicum</i>	Полукустарник	+	3
4	<i>Agropyron trichophorum</i>	Многолетник	+	5
5	<i>Bromus dantoniae</i>	Многолетник	+	–
6	<i>Carex pachystylis</i>	Многолетник	10	+
7	<i>Cousinia radians</i>	Многолетник	+	–
8	<i>Cousinia resinosa</i>	Многолетник	+	+
9	<i>Eremurus olgae</i>	Многолетник	–	1
10	<i>Ferula ovina</i>	Многолетник	3	–
11	<i>Festuca valesiaca</i>	Многолетник	+	20
12	<i>Poa bulbosa</i>	Многолетник	+	1
13	<i>Tulipa turkestanica</i>	Многолетник	+	–

По классификации А. А. Уранова и О. В. Смирновой [7], обе изученные ценопопуляции нормальные, но неполночленные (рис. 3).

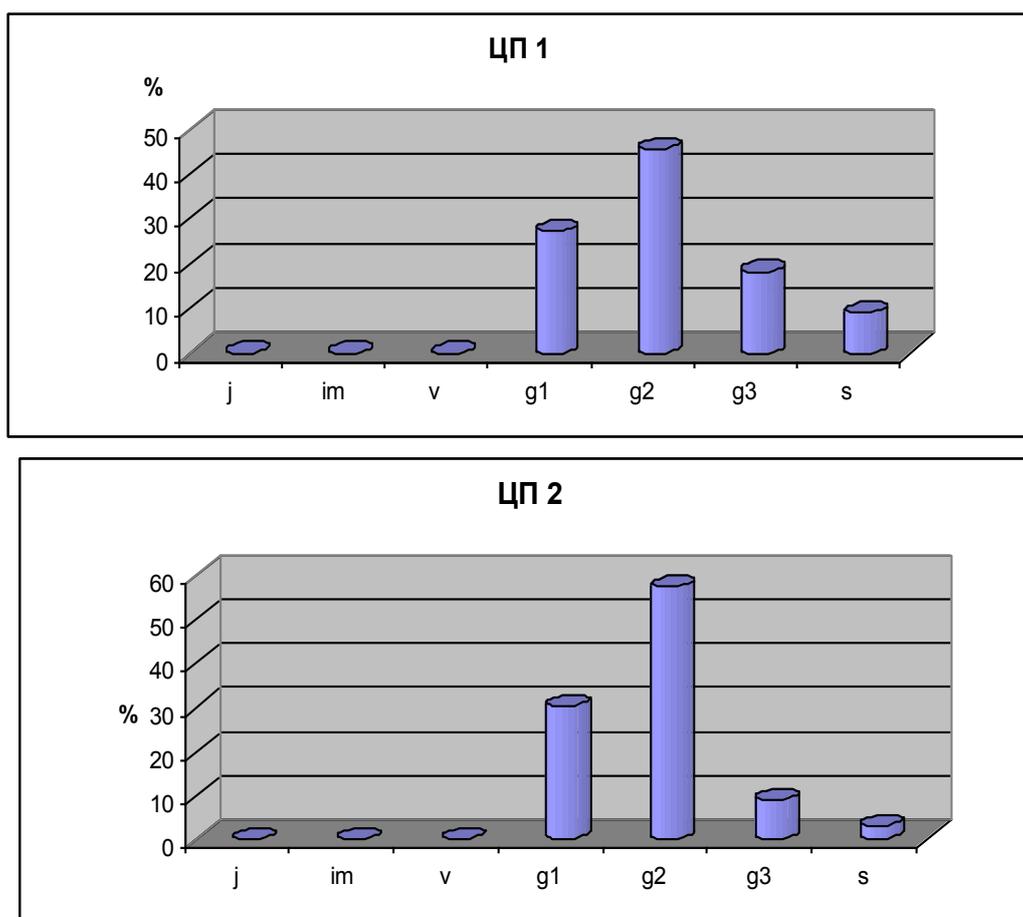


Рис. 3. Онтогенетическая структура ценопопуляций  
*Acantholimon nuratavicum*

Самоподдержание ценопопуляций происходит исключительно семенным путем. Исходя из особенностей биологии вида: низкая всхожесть семян, быстрый переход к цветению и замедленные темпы развития особей в зрелом генеративном состоянии, характерным спектром ценопопуляций этого вида будет центрированный тип с пиком на средневозрастных генеративных особях. Онтогенетический спектр ценопопуляций центрированного типа. Пик приходится на средневозрастные генеративные особи. Доля зрелых генеративных особей в ценопопуляции составляет 45,4–57,5%. Высокая доля этой возрастной группы в ценопопуляции связана с наибольшей продолжительностью данного онтогенетического состояния. Отсутствие всех возрастных групп в левой части спектра, вероятно, связано с низкой всхожестью семян, нерегулярностью семенного возобновления и интенсивным выпасом

Отметим, что ценопопуляции были описаны в районе, где пастбищная нагрузка в несколько раз превышает норму. Минимальное участие в ценопопуляции старых особей связано с выпадением большинства растений в старом генеративном состоянии. Онтогенетический спектр изученных ценопопуляций совпадает с характерным.

Таким образом, исследованные ценопопуляции *A. nuratavicum*, произрастающие на хребте Нуратау вблизи *locus classicus* данного вида, являются нормальными, неполночленными. В период исследования особи находились в угнетенном состоянии, что связано с эколого-фитоценоотическими условиями произрастания и сильной антропогенной нагрузкой.

#### Литература

1. Линчевский И. А. *Acantholimon* Boiss. – Акантолимон // Определитель растений Средней Азии. Ташкент: ФАН, 1993. Т. 10. С. 19.
2. Бешко Н. Ю. *Acantholimon nuratavicum* Zakirov // Красная Книга Республики Узбекистан: Редкие и исчезающие виды растений и животных: (в 2-х томах). Растения и грибы. Ташкент: Chinor ENK, 2009. Т. 1. С. 144–145.
3. Бешко Н. Ю. *Acantholimon zakirovii* Beshko (Sect. *Staticopsis* Boiss., *Plumbaginaceae*) – новый вид с северо-западных отрогов Памиро-Алая // *Turczaninowia*. Барнаул, 2015. 18 (1). С. 19–26.
4. Линчевский И. А. *Acantholimon* Boiss. – Акантолимон // Флора СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 18. С. 334–335.
5. Линчевский И. А. *Acantholimon* Boiss. – Акантолимон // Флора Узбекистана. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1961. Т. 5. С. 63.
6. Белолипов И. В. Интродукция видов рода *Acantholimon* Boiss. в условия г. Ташкента // Интродукция и акклиматизация растений. Ташкент, 1974. Вып. 10. С. 51–63.
7. 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.

## МУТАГЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИМЕНЯЕМЫХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

*М. В. Черемисинов, Г. П. Дудин, А. В. Помелов*  
ФГБОУ ВО Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
*cheremisinov.mv@yandex.ru*

Изучение мутагенного действия химических соединений, применяемых в сельском хозяйстве, началось с появления пестицидов [1].

Новые протравители семян обладают широким спектром действия и высокой эффективностью против возбудителей болезней и вредителей. Наиболее востребованы комбинированные препараты – протравители семян дивиденд, премис, раксил, фундазол, текто, колфуго супер колор в состав которых входит тирам (витарос, фенорам супер).

Пестициды способны оказывать свое действие и на нецелевые объекты. Они влияют на наследственность, вызывают мутации [2–7]. Обнаружена мутагенная активность цирама на разных биологических объектах, в том числе и на растениях. Имеются сведения о мутагенном эффекте современных протравителей семян [2, 8]. В результате мутагенеза у растений идёт биологическое засорение сорта и ухудшение его характеристик. Как метод селекции, индуцированный мутагенез широко используется для получения селекционных форм растений [1, 8].

Цель настоящих исследований – выявить мутагенное действие применяемых в сельском хозяйстве химических протравителей семян на культуру ячменя сорта Биос-1 и пшеницу сорта Иргина.

Исследования мутагенного действия протравителей семян проводились на опытном поле Вятской ГСХА.

Семена пшеницы перед посевом протравливали препаратами фенорам супер, колфуго-супер, премис. Семена ячменя протравливали препаратом винцит с рекомендуемой нормой расхода 2 кг(л)/т, а также завышенной в пять раз и уменьшенной в десять раз нормой расхода. Кроме того семена ячменя обрабатывали препаратом агат 25К в количестве 40 г/т и 120 г/т. В контрольном варианте семена обрабатывали водой из расчета 10 л/т.

В первом поколении ( $M_1$ ) в каждом варианте высевали по 500 семян. Площадь делянки 1 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная.

Во втором поколении ( $M_2$ ) посемейно высевали семена с главного колоса растений  $M_1$ . С момента появления массовых всходов определяли тип и частоту хлорофилльных мутаций по классификатору, разработанному Ю. И. Калам [2], проводили отбор растений с видимыми морфологическими и физиологическими отклонениями от исходного сорта. Выделенные растения с изменениями отмечали и убирали отдельно. В  $M_2$  проводили группировку выделенных растений по измененным признакам, определяли частоту изменений ячменя по отношению количества семей с отклонениями к общему количеству проанализированных в варианте семей.

В третьем поколении определяли степень наследования измененных признаков, выявленных у растений во втором поколении.

Хлорофилльные мутации считают индикатором проявления морфофизиологических выраженных мутаций [2]. Во втором поколении во всех вариантах опыта кроме контроля и при обработке семян фунгицидом премис были выявлены хлорофилльные мутации.

Среди протравителей в рекомендуемых нормах расхода максимальная частота хлорофилльных изменений наблюдалась под действием отечественного протравителя фенорам супер (2,2%) и препарата винцит (3,4%). С увеличением нормы расхода препарата фенорам супер в 3 раза и препарата винцит в 5 раз число хлорофилльных мутаций возросло в 1,5 и 5,6 раза соответственно.

Во втором поколении самый широкий спектр мутаций (5 и 3 типа) был отмечен при обработке семян препаратом фенорам супер и винцит 2 л/т.

В  $M_3$  также были выявлены хлорофилльные мутации, частота которых колебалась от 0,60% (колфуго супер, 6 л/т) до 1,14% (фенорам супер, 6 кг/т). Наибольшую мутагенную активность проявил препарат фенорам супер и винцит 2 л/т. Протравитель колфуго-супер индуцировал хлорофилльные нарушения в большей мере при обработке семян с нормой расхода 6 кг/т (частота 1,2%). Спектр хлорофилльных изменений в  $M_3$  снизился с 7 до 4 типов. В третьем поколении на 100 % наследовались хлорофилльные мутации номеров 2–1 и 9–2 (*claroviridis*), 3–14 (*chlorotica*), мутации *albina*, *xantotigrina* в вариантах с обработкой препаратом винцит. Не передавались потомству такие хлорофилльные изменения как *viridoxanthoterminals*, *viridoxanthostriat*, *xantomaculata*, *viridoalboterminals*. В  $M_3$  были вновь выделены мутации *viridomarginata*.

Наибольший процент наследования –75% у мутации *claroviridis*, а нарушения *xanthoviridis* проявлялись в  $M_3$  у 25% семей.

В  $M_2$  были выявлены семьи с морфологическими и физиологическими изменениями. Минимальная частота таких изменений была при обработке семян препаратом колфуго-супер с нормой расхода 2 л/т (1,41%), максимальная – при обработке семян химическими препаратами фенорам супер 6 кг/т (8,86%), винцит 2 л/т – 11,28%. Выявлено, что с увеличением нормы расхода химических протравителей в 3 раза число семей с измененными признаками возрастало в 1,6–2,9 раза. Увеличение нормы расхода винцита с 2 до 10 л/т снизило выход измененных семей на 2,67%.

Частота морфофизиологических изменений растений в  $M_3$  была в 1,1–5,0 раз ниже по сравнению с  $M_2$ . Часть изменений носила модификационный характер. Не передавались потомству такие изменения как низкая общая и продуктивная кустистость, короткий стебель и колос, высокая масса зерна колоса, деформация колоса. Полностью наследовались высокая длина стебля, раннее созревание. В  $M_3$  на 20–50% наследовались высокая общая и продуктивная кустистость, длинный колос. У высеянных семей в  $M_3$  были выявлены вновь морфологические и физиологические изменения, количество которых

колебалось от 2 (агат 25К, 120 г/т) до 12 (фенорам супер 6 кг/т).

Высокий процент наследования в блоке опыта с винцитом отмечен по таким признакам как раннее кущение – 76,9%; позднее колошение, позднее созревание – 75,0%; высокий стебель – 74,6%; широкий лист – 70,0%; ранний выход в трубку – 63,6%.

Максимальная частота наследственных изменений ячменя 3,7–6,6% отмечена при воздействии винцита в количествах 10 и 2 л/т соответственно. В вариантах с винцитом помимо увеличения выхода мутаций с ростом нормы расхода отмечается наибольшее число семей. В варианте с рекомендованной нормой расхода препарата 2 л/т частота мутаций составляет 6,6%. При увеличении концентрации винцита с 0,2 до 10 л/т меняется соотношение скоро- и позднеспелых мутантов в пользу последних.

Обработка семян пшеницы протравителями в рекомендуемых нормах расхода привела к образованию хлорофилльных мутаций. Максимальная частота таких мутаций была выявлена при использовании препарата витарос. В спектре хлорофилльных изменений преобладал один тип мутаций – *striata*. Максимальное число семей с морфофизиологическими изменениями наблюдалось при обработке семян протравителями витарос и премис.

Исследования показывают, что препараты, используемые для протравливания семян винцит, колфуго-супер, фенорам супер являются мутагенами и могут использоваться только для обработки партий репродукционных семян и не должны применяться на элитных посевах.

### Литература

1. Дудин Г. П., Лысиков В. Н. Индуцированный мутагенез и использование его в селекции растений: Монография. Киров: Вятская ГСХА, 2009. 208 с.
2. Калам Ю. И., Орав Т. А. Хлорофилльная мутация. Таллин: Валгус, 1974. 59 с.
3. Куринный А. И., Пилинская М. А. Исследование пестицидов как мутагенов внешней среды. Киев: Наукова Думка, 1976. 114 с.
4. Соколова Е. В. Использование регуляторов роста для создания исходного материала в селекции ярового ячменя: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пенза, 2004. 20 с.
5. Черемисинов М. В., Помелов А. В., Дудин Г. П. Влияние химических и биологических препаратов на рост и развитие растений ячменя в М1 // Науке нового века-знания молодых: Тезисы докладов 2-ой науч. конф. аспирантов и соискателей. 2002. С. 34–36.
6. Черемисинов М. В. Морфофизиологические и хлорофилльные изменения ярового ячменя под влиянием протравителей семян / Современные аспекты селекции, семеноводства, технологии, переработки ячменя и овса: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Киров: НИСХ Северо-Востока, 2004. С. 121–123.
7. Дудин Г. П., Помелов А. В., Черемисинов М. В., Емелев С. А. Оценка мутагенной активности химических факторов на яровом ячмене // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 6. С. 32–37.
8. Помелов А. В. Эффективность протравителей семян яровых зерновых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2009. № 5. С. 21–26.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ К ТЕМПЕРАТУРНОМУ СТРЕССУ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА

*А. И. Какаева, М. А. Аюева, И. Л. Бишарова, А. С. Лукаткин  
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва,  
aslukatkin@yandex.ru*

На растения в естественной среде обитания постоянно воздействуют факторы внешней среды, которые редко бывают благоприятными; зачастую они являются губительными для организмов. Действие неблагоприятных факторов вызывает у растений разнообразные защитные реакции. Многие факторы среды, к которым растения не приобрели устойчивость, могут оказывать стрессовое воздействие на организмы, вызывая различные нарушения физиологических процессов, повреждения клеточных структур, которые в итоге могут привести к гибели растения.

Температурный фактор является одним из важнейших в жизни растений: он определяет их географическое распространение и продуктивность. Поскольку у растений отсутствуют механизмы терморегуляции, они вынуждены приспосабливаться к постоянным колебаниям температуры среды обитания. Стрессовое действие температурного фактора вызывает нарушение функционирования фотосинтетического аппарата (ФСА), которое обусловлено повреждением мембран хлоропластов, изменениями в составе их липидов, торможением транспорта электронов по электрон-транспортной цепи, нарушением работы комплекса фотолиза воды и т. д. [1].

Для быстрого и, главное, неинвазивного определения параметров функционирования ФСА применяют измерение параметров флуоресценции хлорофилла (ФХ) на РАМ-флуориметре. Стрессовые воздействия внешних факторов будут оказывать влияние на различные параметры ФХ, и анализ этих изменений позволит точно определить, в каких участках фотосинтеза происходят нарушения [2]. Физиологически значимые данные получают на основе анализа следующих параметров [3]:  $F_0$  – минимальный уровень флуоресценции, возбуждаемый измерительным светом низкой интенсивности, так что при его действии все реакционные центры (РЦ) фотосистемы (ФС) II остаются открытыми;  $F_M$  – максимальный уровень флуоресценции, вызванный сильным световым импульсом, который закрывает все РЦ ФС II;  $F_V/F_M$  и  $Y(II)$  – максимальный и эффективный квантовый выход флуоресценции ФС II. Эти коэффициенты оценивают фракцию адсорбированной энергии квантов, используемой ФС II для фотохимических процессов [1]. Для измерения  $F_V/F_M$  необходимо, чтобы образцы были хорошо адаптированы к темноте с тем, чтобы все РЦ находились в открытом состоянии, и нефотохимическая диссипация энергии возбуждения была минимальной [3].  $G_P$  и  $q_L$  – коэффициенты фотохимического тушения флуоресценции – оценивают долю открытых РЦ ФС II;  $q_N$  и  $NPQ$  – параметры нефотохимического тушения флуоресценции.

Эти параметры связаны с нефотохимическим тушением энергии возбуждения путем тилакоидных рН- и зеаксантин-зависимых процессов [1, 2].

Цель работы – сравнить различные параметры ФХ, изменяющиеся при действии температурного стресса на растения кукурузы, с целью определения наиболее применимого для оценки сравнительной термоустойчивости гибридов кукурузы.

Объектом для исследования служили проростки кукурузы (*Zea mays* L.) гибридов НК Фалькон, РОСС 140 СВ, Делитоп. Растения выращивали в почвенной культуре (деградированный среднесуглинистый чернозем) до 14-дневного возраста при температуре 23 °С. Затем сосуды разделяли на 3 группы и помещали на 24 ч в разные условия температуры: 23 °С (контроль), 5 °С (пониженная температура), 40 °С (повышенная температура). После этого в листьях определяли параметры флуоресценции хлорофилла на РАМ-флуориметре Junior-РАМ (Walz, Germany). Измерение параметров ФХ проводили на втором листе проростков кукурузы, заранее адаптированных к темноте в течение 30 минут. Все определения проводили не менее чем на пяти растениях каждого варианта; опыты повторяли три раза.

Для оценки температурного воздействия использовали изменения следующих параметров флуоресценции хлорофилла:  $F_M/F_V$ ,  $Y(II)$ ,  $qN$ ,  $qP$ . Максимальный квантовый выход флуоресценции ФС II ( $F_V/F_M$ ) у гибрида НК Фалькон незначительно повышен после воздействия температуры 5 °С и снижен после 40 °С; у гибрида Делитоп, наоборот, отмечено понижение  $F_V/F_M$  после воздействия температуры 5 °С и повышение после 40 °С. У гибрида РОСС 140 СВ изменения максимального квантового выхода флуоресценции были незначительными после воздействия как пониженных, так и повышенных температур.

Уровень эффективного квантового выхода флуоресценции хлорофилла  $Y(II)$  у всех исследованных гибридов кукурузы уменьшался после действия температуры 40 °С, но увеличивался после 5 °С. Коэффициент фотохимического тушения  $qP$  также понижался у всех гибридов вследствие действия температуры 40 °С и повышался после выдерживания растений при 5 °С.

Коэффициент нефотохимического тушения  $qN$  уменьшался у гибрида РОСС 140 СВ после воздействия температур 40 °С и 5 °С, но повышался у гибрида НК Фалькон в результате действия пониженных и повышенных температур. У гибрида Делитоп отмечено резкое увеличение  $qN$  после температуры 5 °С.

Снижение параметров  $F_V/F_M$ ,  $Y(II)$  и  $qP$  в растениях, подвергнутых действию пониженных и повышенных температур, свидетельствует о развитии стресса и фотоингибировании [4], тогда как повышение коэффициента  $qN$  указывает на активацию фотозащитных механизмов ФСА и более высокую устойчивость растений к действию стрессора [5].

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что температура 40 °С оказала большее повреждающее воздействие на растения кукурузы по сравнению с температурой 5 °С. Устойчивость растений к действию

температурного стресса зависела от индивидуальных особенностей изученных гибридов: наиболее термоустойчивым является НК Фалькон.

### Литература

1. Krause G. H., Jahns P. Non-photochemical energy-dissipation determined by chlorophyll fluorescence quenching: characterization and function // Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis / Eds: G.C. Papageorgiou, Govindjee. Springer, 2004. V. 19. P. 463–495.
2. Лукаткин А. С., Тютяев Е.В. Определение состояния фотосинтетического аппарата высших растений при неблагоприятных воздействиях: учеб. пособие. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. 64 с.
3. Kalaji H. M., Schansker G., Brestic M. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence: the sequel // Photosynth Res. 2017. V. 13. № 1. P. 13–66.
4. Moustaka J., Moustakas M. Photoprotective mechanism of the non-target organism *Arabidopsis thaliana* to paraquat exposure // Pesticide Biochem. Physiol. 2014. V. 111. P. 1–6.
5. Santos C. M., Silva M. A. Physiological and biochemical responses of sugarcane to oxidative stress induced by water deficit and paraquat // Acta Physiol. Plant. 2015. V. 37. №. 8. P. 172.

## ИЗУЧЕНИЕ ФИТОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ ЛИГНОГУМАТА ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ СРЕДЫ ФТОРИДОМ НАТРИЯ

**С. Ю. Огородникова**

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, svetao\_05@mail.ru*

Загрязнение окружающей среды фторидами происходит в ходе функционирования предприятий по производству фторсодержащих веществ, алюминия, фосфорных удобрений, тепловых электростанций, работающих на угле с высоким содержанием фтора. Фториды образуются в ходе деструкции фосфорсодержащих отравляющих веществ. Применение фосфорных удобрений также приводит к загрязнению почв фторидами. Фториды вызывают нарушение жизнедеятельности растений, угнетение роста и гибель чувствительных видов [1, 2].

В условиях химического загрязнения перспективным направлением является применение веществ, повышающих устойчивость растений к действию поллютантов. Интерес в качестве фитопротекторов представляют вещества природного происхождения, к числу которых относятся гуминовые препараты.

Лигногумат – высокоэффективное гуминовое удобрение с микроэлементами в хелатной форме, его применяют для повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, усиления иммунитета растений, снятия стресса при некорневых обработках пестицидами и т.д.

Целью работы было изучить фитопротекторные свойства Лигногумата на рост ячменя в среде, загрязненной фторидом натрия.

Для опытов использовали водные растворы гуминового препарата Лигногумата (ЛГ) с содержанием действующего вещества (0,2, 0,5, 1 г/л) и фторида натрия (NaF) в концентрации 0,001 моль/л.

Изучали влияние NaF, ЛГ и совместное действие NaF и ЛГ на прорастание, всхожесть семян и показатели роста растений ячменя сорта Новичок. Контроль – дистиллированная вода.

Энергию прорастания семян оценивали на 3 сутки опыта. Определение всхожести семян проводили по стандартной методике в течение 7 дней, выполняли ростовой анализ и рассчитывали биомассу растений на 8-е сутки [3]. Полученные данные обрабатывали с использованием стандартных статистических методов [4].

Фторид натрия не оказывал влияния на энергию прорастания и всхожесть семян ячменя. В опытах с совместным воздействием NaF и ЛГ 0,2 г/л энергия прорастания оказалась ниже контрольной на 9%, а всхожесть – на 8%. В опытах с другими концентрациями ЛГ достоверных отличий от контроля не выявлено.

Токсическое действие NaF на проростки ячменя проявилось в ингибировании линейного роста (рис.). Длина листьев и корней проростков в опыте с NaF была ниже, чем в контроле на 18 и 33% соответственно. Корни были более чувствительны к действию NaF. Препарат ЛГ снижал негативное воздействие NaF на рост проростков ячменя. В большей степени фитопротекторное действие на рост ячменя оказывала самая высокая концентрация ЛГ (1 г/л). Защитное действие ЛГ на рост корней ячменя в условиях фторидного загрязнения было менее выражено.

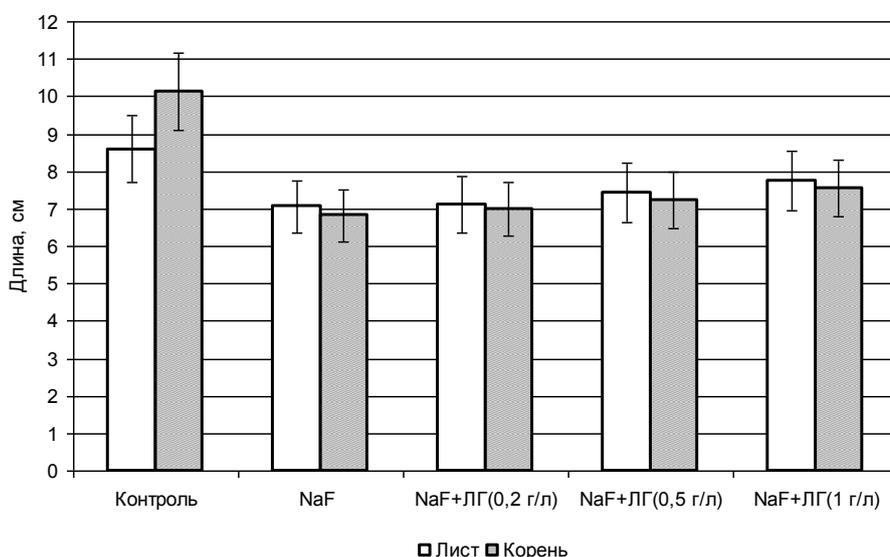


Рис. Влияние Лигногумата (ЛГ) и фторида натрия (NaF) на линейный рост проростков ячменя

Ростингибирующее действие NaF подтверждается данными о накоплении биомассы проростками (табл.). Биомасса ячменя в варианте с действием NaF составляла 90% от массы контрольных растений. Добавка ЛГ приводила к снижению фитоингибирующего действия NaF. В большей степени защитное действие ЛГ проявлялось на накоплении биомассы надземными органами растений. Добавка ЛГ нивелировала токсическое действие NaF и стимулиро-

вала накопление биомассы листьями ячменя. В варианте с действием NaF и ЛГ (1 г/л) биомасса листа была достоверно выше, чем в контроле. Защитного действия ЛГ на накопление биомассы корнями ячменя не выявлено.

Таблица

**Влияние Лигногумата (ЛГ) и фторида натрия (NaF)  
на накопление биомассы проростками ячменя**

Вариант	Сырая биомасса, мг/растение	
	лист	корень
Контроль (вода)	67,3 ± 4,9	158,0 ± 14,0
NaF (0,001 моль/л)	62,1 ± 5,8	141,1 ± 9,7*
NaF (0,001 моль/л) + ЛГ (0,2 г/л)	69,7 ± 4,6	141,5 ± 14,4*
NaF (0,001 моль/л) + ЛГ (0,5 г/л)	71,6 ± 7,3	142,3 ± 14,1*
NaF (0,001 моль/л) + ЛГ (1 г/л)	76,3 ± 6,3*	136,3 ± 11,9*

*Примечание:* \* различия достоверны при  $p < 0,05$ .

Таким образом, в модельных опытах было изучено фитопротекторное действие гуминового препарата Лигногумата на растения ячменя, которые выращивали в условиях фторидного загрязнения. Выявлено отсутствие токсического действия NaF в изученной концентрации (0,001 моль/л) на прорастание и всхожесть семян ячменя. Фторид натрия ингибировал линейный рост и накопление биомассы проростками. Добавка Лигногумата оказывала защитное действие на растения, которые выращивали в присутствии NaF. В большей степени протекторное действие Лигногумата проявлялось на надземных органах растений, корневая система была менее чувствительна к действию гуминового препарата.

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

**Литература**

1. Косицина А. А. Влияние водорастворимого фтора на загрязнение почв и растений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2009. 19 с.
2. Свинолупова Л. С., Огородникова С.Ю., Ашихмина Т.Я. Ответные реакции растений ячменя на действие фторида натрия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2012. № 12 (98). С. 17-20.
3. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.
4. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1973. 343 с.

# ВЛИЯНИЕ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ И СУЛЬФАТА МАРГАНЦА(II) НА РОСТ И НАКОПЛЕНИЕ ЖИРА В ЗЕРНЕ ЯЧМЕНЯ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ

*Ю. А. Одинцова, Е. С. Соловьёва*

*Вятский государственный университет, ylya203@yandex.ru*

Основной целью любой сельскохозяйственной деятельности, связанной с выращиванием растений, является получение хорошего урожая. Урожайность зависит от множества факторов: свойств почвы, сортов растений, ухода за посевами, технологий при возделывании культур и др. В настоящее время актуальна проблема пониженной урожайности и выращивания растений в условиях загрязнения.

Ячмень – универсальная культура, как по широте распространения, так и по ее использованию, что обусловлено богатством эколого-географических биотипов и комплексом биологических свойств. В географическом распространении ячмень считают космополитом: он легко приспосабливается к контрастам климата и разнообразию почв. Общими биологическими особенностями этой культуры являются скороспелость и экономное расходование влаги на единицу продукции в течение вегетационного периода [1, 2].

Целью данной работы явилось изучение влияния минеральных удобрений и соединений марганца на рост и накопление питательных веществ в зерне ячменя.

Объектом исследования являлся ячмень сортов «Новичок», «Родник Прикамья», «Белгородский 100». В качестве удобрения применяли аммиачную селитру марки А, произведенную «КЧХК» АО «ОХК «УРАЛХИМ». Суммарная массовая доля нитратного и аммонийного азота в пересчете на  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  в сухом веществе составляет не менее 98%. В качестве источника марганца использовали сульфат марганца. Доза марганца вносилась ориентировочно в количестве 200 мг/кг почвы, доза селитры – 0,2 г/кг почвы.

Для исследования летом 2017 г. был заложен модельный полевой опыт в сосудах объемом 5 л., заполненных почвой и помещенных в почву. В каждый сосуд вносили по 10 зерновок ячменя, рассчитанную дозу аммиачной селитры и сульфата марганца. Растения выращивали в естественных условиях. По истечении 88–97 дней ячмень извлекали из сосудов, измеряли морфометрические показатели и определяли содержание жира в зерне [3].

Варианты опыта включали в себя следующие сочетания:

1. «Новичок»
2. «Родник Прикамья»
3. «Белгородский 100»
4. «Новичок» + селитра
5. «Родник Прикамья» + селитра
6. «Белгородский 100» + селитра
7. «Новичок» +  $\text{MnSO}_4$

8. «Родник Прикамья» + MnSO<sub>4</sub>
9. «Белгородский 100» + MnSO<sub>4</sub>
10. «Новичок» + селитра + MnSO<sub>4</sub>
11. «Родник Прикамья» + селитра + MnSO<sub>4</sub>
12. «Белгородский 100» + селитра + MnSO<sub>4</sub>.

Повторность опыта трехкратная. При расчетах использовали усредненные данные для каждого варианта. Для определения жира были составлены объединенные пробы зерна.

Ячмень проходит 7 фаз роста и развития: прорастание, всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение и созревание.

Максимальный показатель всхожести были отмечены для варианта опыта № 6 («Белгородский 100» + селитра), который составил 93,33%. У десяти вариантов опыта всхожесть превышала 70%. Наименьшие показатели всхожести были отмечены для вариантов № 1 и № 3.

В таблице 1 представлены данные об этапах созревания ячменя. Наиболее быстрые темпы роста продемонстрировал вариант № 6 сорт «Белгородский 100» + селитра (созревание за 88 дней), наименьшие – № 2 сорт «Родник Прикамья» (созревание за 97 дней).

Таблица 1

**Фазы созревания ячменя в зависимости от варианта опыта**

Вариант опыта	Кущение, дни	Выход в трубку, дни	Созревание, дни
1	23	51	92
2	26	53	97
3	25	46	95
4	23	50	92
5	23	52	90
6	15	43	88
7	23	48	92
8	22	49	91
9	25	47	95
10	25	49	91
11	25	48	91
12	22	46	91

Анализ структуры урожая – важный метод оценки развития культурных растений, он позволяет установить закономерности формирования урожая и проследить его зависимость от многообразия факторов внешней среды [4]. В таблице 2 представлены полученные в опыте данные о влиянии использованного минерального удобрения и загрязнителя на продуктивность ячменя.

Среди возделываемых сортов более высокие агрономические показатели в ходе эксперимента обеспечил сорт ячменя «Белгородский 100» в варианте № 6, наименьшие – сорт «Родник Прикамья» вариант № 8 (табл. 2). Невысокие морфометрические показатели были отмечены для контрольных вари-

антов опыта, в которых ячмень выращивался без применения добавок (№ 1, № 2, № 3).

Таблица 2

**Морфометрические показатели растений ячменя**

Вариант	Длина растения, см	Количество стеблей	Количество продуктивных стеблей	Длина колоса, мм	Количество колосков в длинном колосе	Количество зерен в длинном колосе
1	56,40±2,88	8,13±0,76	6,71±0,82	87,71±2,57	<b>26,29±1,10</b>	23,86±0,93
2	55,83±0,87	8,33±0,92	6,00±0,71	76,83±1,15	20,67±0,76	17,50±0,70
3	58,00±1,50	8,31±0,87	7,14±0,83	75,71±1,11	21,00±0,81	19,86±0,72
4	62,02±1,81	<b>8,55±0,81</b>	8,09±0,85	80,14±2,89	17,00±0,58	16,29±0,59
5	60,74±1,92	8,20±0,93	7,40±0,81	83,53±1,98	24,87±1,02	23,07±0,90
6	<b>74,43±1,06</b>	8,43±0,72	<b>8,86±0,80</b>	<b>92,14±2,81</b>	26,00±0,65	<b>25,29±0,68</b>
7	61,55±2,25	6,20±0,94	5,13±0,49	89,67±3,63	21,27±0,89	21,07±0,85
8	54,29±1,63	5,79±0,52	4,93±0,46	70,86±2,56	19,64±0,79	13,57±0,70
9	63,36±2,09	7,00±0,65	6,00±0,72	91,43±2,84	21,43±0,98	19,71±0,69
10	68,88±0,48	8,13±0,79	8,63±0,88	78,38±1,58	24,00±0,92	22,50±0,90
11	65,20±0,99	8,10±0,86	8,60±0,76	78,10±1,36	21,40±0,83	19,60±0,71
12	66,13±1,04	7,88±0,71	8,00±0,83	79,13±1,42	24,13±0,94	22,13±0,89

*Примечание:* жирным шрифтом показаны максимальные показатели в опыте.

Для определения количества жира в зернах применялся «ГОСТ 29033-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира». Сущность метода заключается в извлечении сырого жира из продукта растворителем, последующем удалении растворителя, высушивании и взвешивании извлеченного жира.

В ходе эксперимента максимальное содержание жира (29,39%) в зерне было установлено для зерна ячменя «Белгородский 100» варианта № 6, что более чем в три раза превышало содержание жира в зерне ячменя остальных вариантов.

Таким образом, в результате исследования было установлено:

1. Максимальное содержание жира содержится в зернах ячменя сорта «Белгородский 100» (29,39%) выращенного в присутствии аммиачной селитры.

2. По морфометрическим показателям самые высокие показатели у сорта ячменя «Белгородский 100», выращенного в присутствии селитры.

3. Внесение сульфата марганца в почву не оказало существенного влияния на рост и накопление жира в зерне ячменя как в опыте с удобрением, так и без него, но улучшило морфометрические показатели растений по сравнению с контролем.

### Литература

1. Борисоник З. Б. Ячмень яровой. М.: Колос, 1974. С. 255.
2. Ковырялов Ю. П. Урожай на полях России // Зерновое хозяйство. 1984. № 12. С. 34–37.
3. ГОСТ 29033-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира.
4. Авдонин Н. С. Подкормки сельскохозяйственных растений. М.: Сельхозиздат, 1954. 136 с.

## ВЛИЯНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД И РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТИДИАЗУРОНА НА МОРФОГЕНЕЗ *LILIUM CERNUUM* КОМ. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

*И. С. Емельянова, Е. В. Большакова, А. С. Лукаткин*  
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет  
имени Н. П. Огарёва», iraeis@yandex.ru

Проблеме сохранения редких видов растений посвящено много статей, что является показателем актуальности данного направления. Для успешного решения этой проблемы ведется поиск новых методологических подходов, в том числе на базе биотехнологии растений. Формируется новая междисциплинарная наука – биотехнология сохранения растений, в которой традиционные методы сохранения биоразнообразия *ex situ* дополнены современными биотехнологическими подходами, позволяющими эффективно управлять состоянием растений (или растительных тканей) в искусственных условиях [1]. В связи с этим весьма актуальным является поиск новых методов размножения лилий, позволяющих не только высокоэффективно размножить ценные декоративные растения, но и сохранить их в природе.

Оптимальным подходом к решению этой задачи является использование методов культуры растительных клеток и тканей, как для размножения видов, имеющих затрудненное размножение *in situ* и *ex situ*, так и при массовом производстве ценных растений из коллекций ботанических садов [2].

Многие исследователи показали эффективность применения биотехнологических методов в сравнении с традиционными способами размножения при сохранении биоразнообразия (в плане редких и исчезающих видов растений). Так, например, в работах А. Ю. Набиевой приведена технология клонального микроразмножения нескольких видов лилий Сибири и Дальнего Востока, начиная от стерильной культуры до растений-регенерантов, с использованием в качестве эксплантов тканей и органов цветка [3].

Лилия поникающая (*Lilium cernuum* Ком.) внесена в Красную книгу РФ с категорией редкости 3 из-за сокращения ареала и численности популяций [4]. Эта лилия встречается на юге Приморского края России, в Китае и Корее. В естественных местообитаниях она произрастает на приморских скалах и каменистых склонах, сухих мелкощелочистых склонах, в дубняках и зарослях кустарников.

Растения были эффективно введены в культуру *in vitro*. В качестве посадочного материала использованы экспланты, представляющие собой сопряженную систему: пыльник – тычиночная нить – ткань цветоложа. При использовании этой системы получены растения-регенеранты путем прямого органогенеза и соматического эмбриоидогенеза, минуя фазу каллусообразования [4]. Хотя анализ экспериментальных данных показал, что в культуре тканей и органов цветков *L. cernuum* происходили различные варианты каллусогенеза, адвентивного органогенеза, соматического эмбриоидогенеза.

В литературе имеются сведения по влиянию минеральной основы среды и различных регуляторов роста на размножение, развитие микролуковиц лилий. Так, например, высаживали экспланты на агаризованную питательную среду Мурасиге-Скуга с содержанием регуляторов роста 1,5 мг/л 6-бензиламинопурина и 0,5 мг/л индолилуксусной кислоты. Затем отделяли микролуковицы от эксплантов и укореняли на питательной среде Мурасиге-Скуга с добавлением  $10^{-11}$  моль/л тидиазурона и 0,5 мг/л  $\alpha$ -нафтилуксусной кислоты в темноте при температуре 14 °С. Данная методика позволяет повысить выход размножаемого материала за счет увеличения количества образующихся микролуковиц при положительном влиянии оптимальных концентраций регуляторов роста [5].

В научных источниках не содержится точных сведений о наиболее оптимальном составе питательной среды и концентрации регуляторов роста в отношении *L. cernuum* Ком. Таким образом, ввиду специфичности каждого вида, нужно подбирать индивидуальные параметры состава питательной среды, регуляторов роста и других компонентов.

В качестве объекта в работе использовали стерильные пробирочные растения лилии поникающей (рис. 1.).

Клонально размноженные экспланты высаживали на агаризованную (0,7%) среду по прописи Мурасиге и Скуга (МС), Фаста (рН 5,6–5,8) – в первой серии опытов, регулятора роста (тидиазурон – TDZ) на полной среде МС – во второй серии опытов. Растения культивировали в сосудах объемом 150 мл в условиях постоянного освещения белыми люминесцентными лампами и температуре 20–24 °С. Измерения проводили еженедельно, учитывали количество и размер листьев, количество и длину побегов, образование и длину корней.

Все опыты повторяли не менее трех раз, в каждом опыте было 10 биологических повторностей (растений *in vitro*). Результаты обрабатывали статистически по общепринятым биометрическим формулам с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Excel. В таблицах представлены средние значения из всех опытов с их стандартными ошибками.

Сравнение органогенеза у клонально размножаемых лилий на разных средах показало, что показатель побегообразования для лилии был несколько выше на среде МС, что составило в среднем 1,2 шт. с одного экспланта. Рост побегов лучше выражен на среде Фаста (6,9 см.) (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние различных питательных сред на морфогенез  
*Lilium cernuum* Ком.**

Тип пита- тельной сре- ды	Морфометрические показатели							
	Кол- во ли- стьев (шт.)	Длина листь- ев (см.)	Кол-во кор- ней (шт.)	Длина кор- ней (см.)	Кол-во побе- гов (шт.)	Длина побе- гов (см.)	Кол-во луко- виц, (шт.)	Диа- метр луко- виц, (см.)
Среда Фаста	3,8± 0,3	5,5±0,4	2,2± 0,7	0,5± 0,1	1,1±0,2	6,9±0,5	1,3±0,2	0,4±0,1
Среда МС	4,7± 1,0	4,5±1,2	2,5± 1,0	2,5± 0,1	1,2±0,2	6,8±0,3	1,4±0,2	0,5±0,2

В результате анализа данных было отмечено, что для *L. cernuum* Ком. наиболее оптимальной питательной средой для побегообразования является вариант среды МС, обогащенной TDZ<sup>-13</sup> М/л. Максимальное значение на дан- ном варианте среды составило 8,5 см.

Таблица 2

**Влияние различных концентраций тидиазурона на морфогенез  
*Lilium cernuum* Ком.**

Вариант среды	Среда МС+ TDZ <sup>-4</sup> М/л	Среда МС+ TDZ <sup>-7</sup> М/л	Среда МС+ TDZ <sup>-9</sup> М/л	Среда МС+ TDZ <sup>-13</sup> М/л	Среда МС+ TDZ <sup>-15</sup> М/л
Кол-во побе- гов (шт.)	1,0±0,0	1,0±0,0	1,3±0,3	1,3±0,2	1,2±0,2
Длина побега (см.)	3,4±0,3	3,0±1,8	5,4±0,4	6,8±0,9	5,0±1,1
Кол-во листьев (шт.)	6,4±1,7	6,5±1,6	7,4±1,6	4,9±0,8	6,8±2,0
Размер листа (см.)	1,8±0,3	2,3±1,8	2,5±0,3	3,4±0,5	2,5±0,7
Кол-во корней (шт.)	0,5±0,4	—	3,7±0,8	2,0±0,6	2,5±1,0
Длина корня (см.)	0,1±0,0	—	0,4±0,1	0,4±0,1	2,5±0,1
Кол-во луко- виц (шт.)	1,7±0,4	2,0±1,4	1,8±0,4	1,9±0,4	1,0±0,1
Диаметр луко- виц (см)	0,4±0,1	0,2±0,1	0,5±0,2	0,4±0,0	0,3±0,0

При исследовании влияния регуляторов роста на листовой органогенез (количество и размер листовой пластины) выяснили, что для лилии макси- мальное количество листьев и наибольшая их длина были получены на среде, обогащенной TDZ<sup>-13</sup> М/л. Наибольшая длина листовой пластины здесь соста- вила 7,5 см. При использовании других концентраций TDZ максимумы соста- вили 2,9 см (TDZ<sup>-9</sup> М/л), 4,2 см (TDZ<sup>-4</sup> М/л), 3,6 см (TDZ<sup>-7</sup> М/л), 4,6 см (TDZ<sup>-15</sup>

М/л). Количество листьев было практически одинаковым для всех вариантов сред и составило в среднем 6,4–7 шт.

На ризогенез *L. cernuum* Kom. тидиазуроном оказано следующее влияние. Пиковое значение по длине корней отмечено при использовании TDZ<sup>15</sup> М/л, что составило в среднем 5 см с одного экспланта, при увеличении концентрации значения данного показателя снижались. Пиковое значение по количеству корней отмечено при концентрации TDZ<sup>9</sup> М/л и составило 7 шт. с экспланта.

При исследовании влияния регуляторов роста на образование луковиц (количество и диаметр луковиц) выяснили, что для *L. cernuum* Kom. максимальное значение диаметра луковиц было получено на среде с добавлением TDZ<sup>9</sup> М/л и составило 0,5 см, тогда как максимальное количество луковиц отмечено при добавлении TDZ<sup>7</sup> М/л и составило в среднем 2,0–2 шт (табл. 2.).

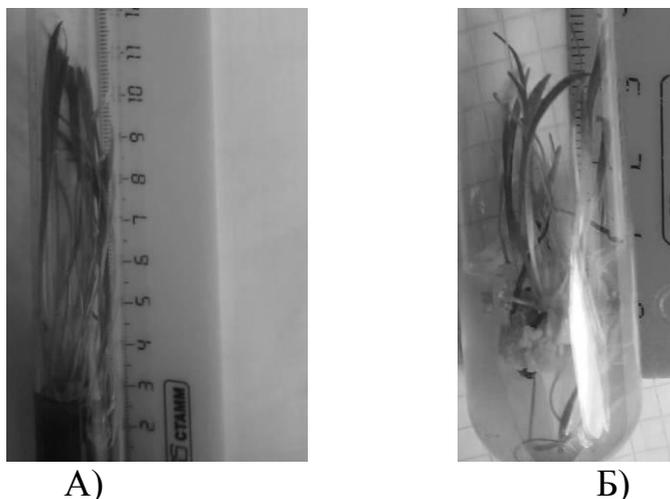


Рис. 1. Органогенез *Lilium cernuum* Kom. на питательной среде:  
А) на среде МС; Б) на среде Фаста

Таким образом, питательные среды и внесение в них регулятора роста оказывает существенное влияние на формирование и рост побегов, корней, листьев и луковиц лилии в культуре *in vitro*. Наиболее подходящей средой для *Lilium cernuum* Kom. оказалась среда МС, поскольку на ней достигнуты пиковые значения по исследуемым показателям. При выращивании на среде МС, содержащей TDZ лучший органогенез отмечался на среде с концентрацией TDZ<sup>13</sup> М/л и TDZ<sup>9</sup> М/л. В этом выявлены максимальные данные по длине побегов и количеству корней.

#### Литература

1. Benson E. E. Plant Conservation Biotechnology / Ed. E. E. Benson. London, Philadelphia, PA: Taylor & Francis, 2002. 309 p.
2. Спиридович Е. В., Власова А. Б., Фоменко Т. И., Козлова О. Н., Вайновская И. Ф., Юхимук А. Н., Кузьменкова С. М., Решетников В. Н. Асептические коллекции и банк ДНК редких растений центрального ботанического сада НАН Беларуси // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: Материалы

III междунар. науч.-практ. конф., посвященной 110-летию со дня рождения академика Н. В. Смольского. Минск, 2015. С. 473–478.

3. Набиева А. Ю. Размножение в культуре *in vitro* *Lilium cernuum* Kom., *Lilium distichum* Nakai. и *Lilium pumilum* Delile при использовании эксплантов тканей и органов цветка // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. С. 618.

4. Набиева А. Ю. Сохранение и размножение в культуре *in vitro* генотипов редких видов лилий азиатской части России: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2008. 16 с.

5. Мокшин Е. В., Лукаткин А. С. Влияние регуляторов роста на морфогенез Лонгифлорум-Азиатик-гибридов лилий в культуре *in vitro* // Агрехимия. 2005. № 3. С. 55–59.

## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ ЛИСТОВОГО АППАРАТА СОРТОВ ГРУШИ ПРИ ФЛУКТУАЦИИ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ПЕРИОДОВ В ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

*А. Б. Петрова*<sup>1</sup>, *Л. М. Кавеленова*<sup>1</sup>, *А. А. Кузнецов*<sup>2</sup>, *Л. Г. Деменина*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева,  
*viksian@yandex.ru, lkavelenova@mail.ru*

<sup>2</sup> ГБУ СО НИИ Жигулевские сады, *golden-apple08@mail.ru*

Агроклиматические особенности различных регионов нашей страны представляют неодинаково благоприятные условия для развития культурных плодовых деревьев, в первую очередь – основных для умеренных широт представителей семейства Розоцветные. Среди них сорта яблони, которые входят в ассортимент выращиваемых культур на большей территории, чем сорта груши, имеющей более высокие потребности в увлажнении почвы и чувствительной к воздействию низких температур [1].

Для садов Самарской области груша пока остается второстепенной среди косточковых культур, что связано не только с историей регионального садоводства, но и с особенностями климата. Самарская область, за которой закрепились характеристика района рискованного земледелия, отличается наличием негативных проявлений погоды как в зимнее время (в отдельные годы экстремальные морозы, чередование сильных оттепелей и возврата морозов), так и в период вегетации (засухи, которые могут захватить практически любой по срокам и продолжительности отрезок вегетационного периода). Чтобы подтвердить данный тезис, мы использовали вычисление гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) для отдельных месяцев вегетационных периодов на примере 2012–2015 гг.

Известно, что гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова – это показатель, представляющий собой отношение прихода влаги (осадков) к ее максимальному возможному расходу (испаряемости). Ниже указана формула для вычисления:

$$\frac{r}{0,1\sum t},$$

где  $r$  – сумма осадков за период активной вегетации, мм;  $\sum t$  – сумма активных температур за тот же период, °С [2]. Обычно показатель ГТК рассчитывают для периода вегетации в целом, что не исключает возможности и более «узкого» его применения. Следует отметить, что если данный показатель равен единице, то количество выпавших осадков и испарившихся одинаково. Количественно показатели ГТК ниже 1 соответствуют дефициту влаги, выше 1 – нормальным условиям увлажнения, при высоких значениях – избытку влагообеспечения [2].

На рисунке 1 представлены изменения ГТК по месяцам в динамике. Можно заметить, что данный показатель в анализируемый период времени менялся от минимального значения в июне (0,1) 2015 г. до максимального в августе (больше 5) 2013 г. Также стоит заметить, в 2012 г. и 2013 г. ГТК повышался к концу вегетационного периода, а в 2014 и 2015 гг. данный показатель уменьшался, то есть флуктуации гидротермических условий в описываемые вегетационные периоды были разнонаправленными.

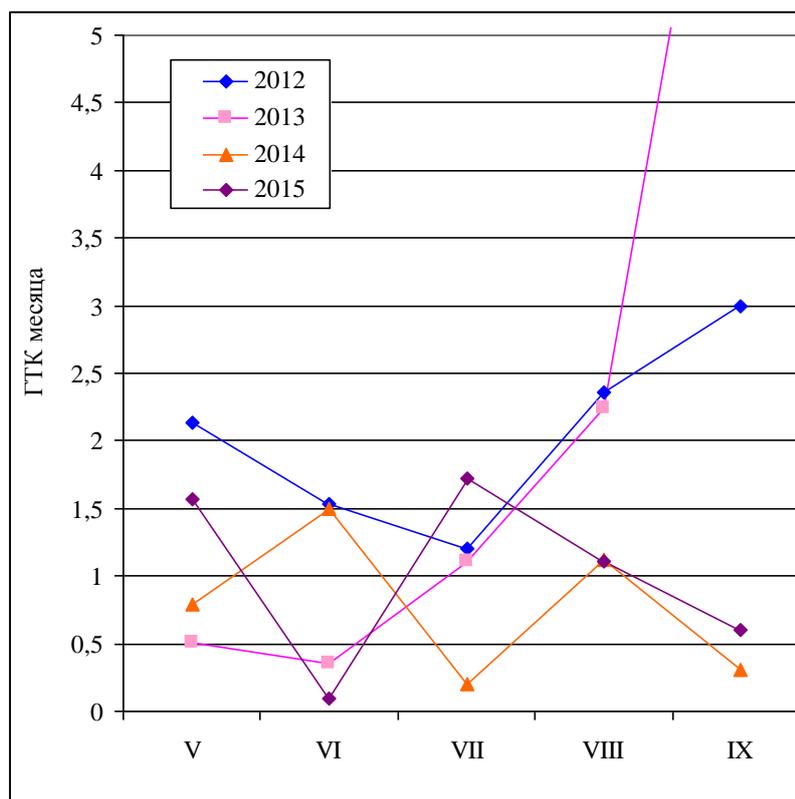


Рис. 1. Динамика изменений гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) в отдельные месяцы вегетационных периодов 2012–2015 гг.

В целом, судя по динамике ГТК, в 2012 г. вегетационный период полностью характеризовался высоким до изобилия влагообеспечением, когда плодовые деревья не должны были столкнуться с дефицитом влаги. Во все другие годы имелись моменты, когда такая ситуация возникала. В 2013 г. пе-

риод вегетации начался с засухи (май-июнь) при последующем избытии осадков. Вегетационные периоды 2014 и 2015 гг. характеризовались резкой сменой условий увлажнения. Эти различия, как мы предположили, были способны повлиять на формирование листового аппарата сортов груши, произрастающих на территории ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады», изучение которых представляет предмет нашего исследования [3, 4].

Питомник НИИ садоводства и лекарственных растений «Жигулевские сады» расположен на территории г. Самары в Кировском районе, между двумя крупными автотрассами – ул. Ново-Садовой, переходящей в Красноглинское шоссе, и Московским шоссе. Образцы листьев груш сортов местной селекции с различными сроками созревания (Александра, Болеро, Волшебница, Галиана, Жигулинка, Журавлинка, Краса Жигулей, Кристина, Лакомка, Лебедушка, Осенняя крупная, Ранняя, Румяная Кедрина, Самарская Зимняя, Самарская красавица, Самарянка, Скромница, Средневожская, Усолка, Чижовская, Маршал Жуков, Воложка, Герда, Даренка) отбирали с июня по сентябрь в вегетационные периоды 2012–2015 гг.

В данном сообщении мы проанализируем особенности сезонных изменений показателя массы единицы площади листовой поверхности сортов груш разных сроков созревания, используя обобщение показателей за 4 года наблюдений (рис. 2). Данная характеристика широко используется отечественными и зарубежными авторами для оценки характера структуры листовой поверхности в качестве меры склерофильности.

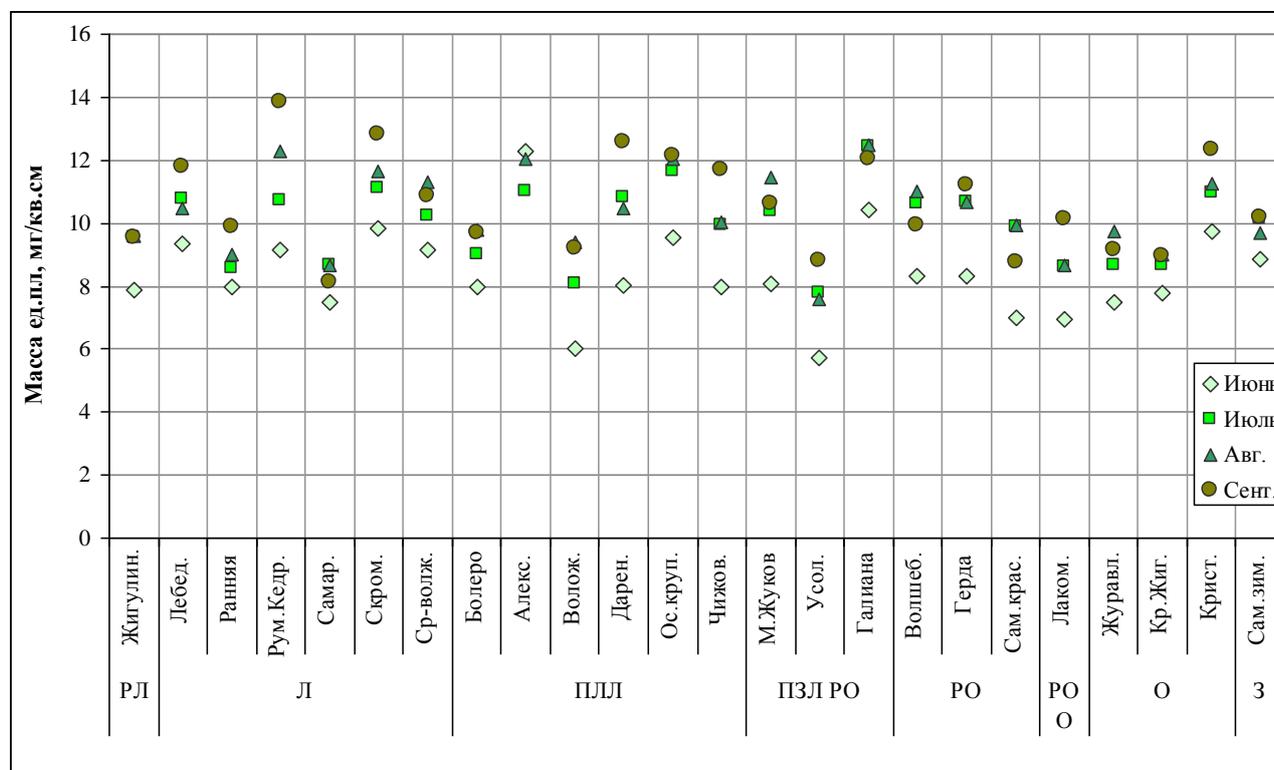


Рис. 2. Особенности сезонной динамики показателя массы площади листовых пластинок у сортов груши различных сроков созревания (обобщенная оценка по данным 2012–2015 гг.)

Сезонные изменения структуры листьев, как известно, затрагивают накопление различных компонентов, от кутикулярного воска эпидермиса [5] до вторичных метаболитов [6], изменениям подвержены и показатели пигментного аппарата. Это соответствует, по существу, возрастным состояниям листа – развивающегося, выходящего на зрелый уровень метаболической активности, стареющего, а в местных условиях – еще и адаптирующегося к воздействию стрессовых условий внутри периода вегетации. Описанные нами ранее особенности сезонных изменений обычно демонстрируют неодинаково плавное возрастание показателя от начала к концу вегетационного периода.

Для большинства сортов данная закономерность полностью подтвердилась (рис. 2). Однако различия между значениями различных месяцев у сортов были выражены неодинаково. В результате мы условно смогли разбить изучавшиеся сорта на четыре группы. В первой из них присутствуют 4 сорта, у которых этот показатель в течение сезона изменялся наиболее сильно – Румяная Кедрина, Воложка, Даренка, Усолка. Во второй группе сорта с высоким уровнем изменчивости – Чижевская, Маршал Жуков, Самарская красавица, Лакомка. Третью группу сформировали сорта с относительно невысокой изменчивостью показателя массы единицы площади – Лебедушка, Ранняя, Скромница, Средневожская, Осенняя крупная, Волшебница, Герда, Журавлинка и Кристина. Наконец, в четвертой группе оказались Жигулинка, Самарянка, Болеро, Александра, Краса Жигулей и Самарская Зимняя. Это сорта, у которых значения данного показателя листьев приближались к уровню стабильных в сезонной динамике. Отметим, что в каждой группе присутствуют сорта с различными сроками созревания плодов. Это заставляет нас предполагать, что адаптивные изменения листового аппарата у различных сортов груши при флуктуации погодных условий, сменяющих друг друга периодов вегетации будут характеризоваться существенной степенью своеобразия и не вытекают однозначно из принадлежности сортов к ранним либо поздним по срокам созревания плодов.

### Литература

- 1 Lo E. Y. Y., Donoghue M. J. Expanded phylogenetic and dating analyses of the apples and their relatives (Pyreae, Rosaceae) // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2012. V. 63. P. 230–243.
2. Лосев А. П., Журина Л. Л. Агрометеорология. М: Колос, 2001. 303 с.
3. Кавеленова Л. М., Петрова А. Б., Трубников А. М., Янков Н. В., Савицкая К. А., Кравцева А. П., Антипенко М. И., Кузнецов А. А. К возможностям количественной оценки функциональной активности листовой поверхности различных растений // Самарский научный вестник. 2016. № 4 (17). С. 18–24.
4. Кавеленова Л. М., Савицкая К. А., Петрова А. Б., Кравцева А. П., Антипенко М. И., Кузнецов А. А. К индикационной значимости изменения показателей листьев в различные по благоприятности вегетационные периоды // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета. 2015. № 2 (7). С. 81–85.
5. Bringe K., Schumacher C., Schmitz-Eiberger M., Steiner U., Oerke E.C. Ontogenetic variation in chemical and physical characteristics of adaxial apple leaf surfaces // *Phytochemistry*. 2006. V. 67. P. 161–70.

6. Кавеленова Л. М., Лищинская С. Н., Карандаева Л. Н. Особенности сезонной динамики водорастворимых фенольных соединений в листьях березы повислой в условиях урбосреды в лесостепи (на примере Самары) // Химия растительного сырья. 2001. № 3. С. 91–96.

## СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭФИРНОГО МАСЛА ПИХТЫ СИБИРСКОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*А. А. Шумилова, Е. С. Соловьёва*

*Вятский государственный университет, shumilova-sasha97@mail.ru*

Эфирные масла представляют собой один из важнейших классов биологически активных веществ. Это летучие с характерным запахом жидкости, которые не растворимы в воде. Они содержат в своем составе большое число компонентов, таких как терпены и кислородсодержащие вещества – альдегиды, кислоты, кетоны и спирты [1].

Пихта сибирская (*Abies sibirica* Leded.) – хвойное вечнозеленое дерево, которое принадлежит к отделу голосеменных, семейству сосновых. Эфирные масла содержатся в хвое, коре, а также в шишках пихты. Одной из особенностей данного растения является то, что она предпочитает расти в районах, в которых воздух не загрязнен дымом и газами [2].

Целью исследования было изучение влияния места произрастания и антропогенного загрязнения на состав и физико-химические свойства пихтового эфирного масла.

Объектом исследования являлась хвоя пихты сибирской, собранная с деревьев, произраставших в разных районах Кировской области. В результате для анализа были получены 6 образцов пихтового эфирного масла. Данные по ним представлены в таблице 1.

Таблица 1

### Образцы эфирного масла пихты сибирской

Образец	Район Кировской области
Образец № 1	город Луза (Кировская область, Лузский район)
Образец № 2	город Киров (Кировская область, Нововятский район)
Образец № 3	город Кирово-Чепецк (Кировская область, Кирово-Чепецкий район)
Образец № 4	село Ильинское (Кировская область, Просницкий район)
Образец № 5	поселок Медведок (Кировская область, Нолинский район)
Образец № 6	село Лойно (Кировская область, Верхнекамский район)

Для извлечения эфирных масел хвою пихты сибирской измельчали и производили перегонку с водяным паром (2–3 часа). При этом растительное сырье помещали в колбу с водой, которую затем доводили до кипения, и пропускали через него пар. В этом случае горячая вода и пар разрывают ткани растения. Этот пар собирали в трубке, проходящей через охлаждающие уста-

новки (холодильник). После охлаждения пар конденсировался, приобретал жидкую форму и сливался в отстойник. На поверхности собирается эфирное масло, которое легко можно отделить от воды [3]. Данный способ используется, в том случае, когда сырье содержит в своем составе большое количество эфирного масла.

Полученные образцы исследовались по органолептическим и физико-химическим свойствам (ГОСТ ISO 10869-2015). Компонентный состав эфирных масел определяли на газовом хроматомакс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus компании «Shimadzu» (Япония).

Все образцы масел по органолептическим свойствам соответствовали данным ГОСТ ISO 10869-2015 и являлись жидкостями, бледно-желтого цвета со свежим, древесным запахом. При исследовании физико-химических свойств образцов эфирного масла, таких как: остаток после выпаривания, показатель преломления (ISO 280-2014) и кислотное число (ISO 1242-2014), были получены результаты, представленные в таблице 2.

Таблица 2

**Физико-химические показатели образцов эфирного масла**

Образец	Кислотное число, мг/г	Показатель преломления	Остаток после выпаривания, %
Образец № 1	2,01±0,48	1,4680±0,0001	19,50±5,91
Образец № 2	2,59±0,29	1,4696±0,0006	19,36±3,26
Образец № 3	3,77±0,4	1,4640±0,0004	29,88±7,91
Образец № 4	3,05±0,47	1,4680±0,0003	34,45±10,05
Образец № 5	1,71±0,10	1,4684±0,0003	38,75±10,97
Образец № 6	2,22±0,22	1,4690±0,0001	34,44±4,41
Данные ГОСТ ISO 10869-2015	До 1,0	1,468-1,473	Нет в ГОСТе

Кислотное число всех эфирных масел, полученных в лабораторных условиях (образцы № 1–6), превышало показатели ГОСТа. По значениям показателя преломления образцы № 1–2, № 4–6 соответствовали ГОСТу, а в образце № 3 этот показатель был немного ниже нормы. Количества остатка после выпаривания в образцах варьировало в большом диапазоне от 19,36 до 38,75%. Максимальный остаток после выпаривания наблюдался в образце № 5.

В ходе проверки состава эфирных масел было выявлено, что в них преобладают терпены. В основном в эфирных маслах содержались такие вещества как камфен, борнилацетат, кариофиллен, изоборнилацетат и борнеол. Данные, полученные в результате исследования состава на газовом хроматомакс-спектрометре представлены в таблице 3.

В составе масла, полученного из хвои пихты, произрастающей в г. Луза (образец № 1), содержатся: камфен, борнилацетат, изоборнилацетат, борнеол, камфора,  $\alpha$ -бисаболол. Масло, полученное из хвои, собраной в городе Кирове (образец № 2), содержит: кариофиллен,  $\alpha$ -кариофиллен, борнилацетат, борнеол.

Образец масла, полученного из пихты, произрастающей в г. Кирово-Чепецке (образец № 3) отличается по своему составу от остальных образцов,

тем что в нем содержится камфен, борнилацетат и N,N-диметил-1-тридеканамин.

В состав эфирного масла полученного из хвои пихты, собранной в с. Ильинское (образец № 4), входит камфен, изоборнилацетат, лимонен, борнеол.

Данные расхождения в составе масел можно характеризовать разным местом произрастания пихты. Деятельность человека также влияет на компонентный состав эфирных масел.

Таблица 3

**Компонентный состав образцов эфирных масел, полученных в лабораторных условиях**

№	Компонент	Содержание, %					
		№1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
1	Камфен*	31,438	–	20,290	38,770	–	–
2	Лимонен*	–	–	–	20,734	–	–
3	Кариофиллен*	–	4,655	–	–	3,880	5,298
4	$\alpha$ -Кариофиллен*	–	1,530	–	–	1,190	2,843
5	Борнилацетат*	8,645	76,939	60,642	–	78,471	71,547
6	Изоборнилацетат*	58,459	–	–	25,389	–	–
7	Борнеол*	0,710	16,876	–	15,106	16,459	14,481
8	N,N-диметил-1-тридеканамин	–	–	19,068	–	–	–
9	Камфора*	–	–	–	–	–	5,832
10	$\alpha$ -Бисаболол*	0,748	–	–	–	–	–

*Примечание:* \* соединение относится к классу терпенов; – отсутствие компонента

По имеющимся данным при повышении уровня антропогенного загрязнения местности в пихтовом масле убывает доля лимонена, камфоры, камфена. Но при этом возрастает доля кислородсодержащих химических соединений, таких как борнилацетат и его изомеры [4]. Все это согласуется с результатами, полученными нами. Территория г. Кирово-Чепецка испытывает на себе влияние Кирово-Чепецкого химического комбината, в результате чего загрязняющие вещества проникают в воздух, воду и почву [5]. В Кирове также расположены предприятия, оказывающие влияние на интенсивность происходящих химических превращений в растении и на состав самого эфирного масла. Большое содержание кислородсодержащих веществ и такого вещества как N,N-диметил 1-Тридеканамин (19,068%) в эфирном масле пихты из Кирово-Чепецка может свидетельствовать о том, что данное растение произрастало на более антропогенно-загрязненной территории по сравнению с другими участками отбора образцов.

Большое содержание кислородсодержащих веществ в образцах № 5 и № 6 можно объяснить тем, что хвоя собиралась с более зрелых деревьев. С течением времени у долгоживущих деревьев состав масла может изменяться вследствие перехода терпенов в свои окисленные формы.

Таким образом, в ходе работы было изучено влияние места произрастания и антропогенного загрязнения на состав и физико-химические свойства пихтового эфирного масла. Установлено, что по составу в пихтовом эфирном масле преобладают терпены: камфен, борнилацетат, изоборнилацетат, борнеол и кариофиллен. Кислородсодержащие соединения в большей мере представлены в образцах эфирных масел, полученных из растений произрастающих на антропогенно-загрязненной территории.

#### Литература

1. Гуляев Д. К. Сезонная изменчивость компонентного состава эфирного масла древесной зелени ели обыкновенной // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 7. С. 1–6.
2. Кедров В. Г. Пихтовое масло // *РИПОЛ Классик*. 2011. 38 с.
3. Самуйлова Л. В. Косметическая химия // *Школа косметических химиков*. 2005. С. 106–108.
4. Рудаков Г. А. Непрерывный способ получения уксусного эфира изоборнеола из камфена // *Гидр. и лесохимическая промышленность*. 1955. № 5. С. 3–4.
5. Ашихмина Т. Я. Состояние природного комплекса в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического // *Вестник Института биологии Коми НЦ Уральского отделения РАН*. 2012. № 3. С. 9–15.

### ОСОБЕННОСТИ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ *VACCINIUM MYRTILLUS* L. В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

*Н. Ю. Егорова*

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

Стратегии видов представляют собой комплексы адаптаций, возникшие в результате естественного отбора и характеризующие наиболее общие приспособления видов к факторам биотической и абиотической среды [1]. В свою очередь, стратегия ценопопуляций определяется как «совокупность приспособлений, черт и свойств, проявляющихся в процессе реализации генотипа особей в меняющихся условиях естественной и антропогенной среды и обеспечивающих ее длительное существование, возможность захватывать свободные экологические ниши, переносить стресс и восстанавливать свою структуру и функции» [2].

Далеко не все виды растений характеризуются четко выраженной стратегией. Так, например, культурные растения не обладают стратегией, поскольку находятся в искусственно созданных местообитаниях, а их отношения с другими видами регулируются человеком [1].

Для оценки стратегий жизни растений наиболее распространенным является подход, в основе которого лежит определение характера реагирования на стресс на организменном и популяционном уровнях. При анализе стратегий необходимо иметь в виду, что стратегии – это видовые характеристики.

Познать их можно, только изучая позиции вида в разных сообществах, в разных местообитаниях.

В соответствии с данным подходом нами были исследованы лесные фитоценозы с доминированием в травяно-кустарничковом ярусе ценнейшего дикорастущего ягодного растения таежной зоны – *Vaccinium myrtillus* L. (сем. *Vacciniaceae* Lindl.).

Исследования проведены в южнотаежной подзоне Кировской области. Изучены в природных условиях 8 ценопопуляций (ЦП) *V. myrtillus*, которые отличаются по условиям увлажнения, обеспеченности питательными веществами, освещенности, видовому составу фитоценозов, а также по степени антропогенного воздействия [3, 4]: ЦП-1 – елово-пихтовый с примесью березы чернично-долгомошно-сфагновый лес, ЦП-2 – ельник с примесью березы чернично-сфагновый, ЦП-3 – березняк чернично-сфагновый, ЦП-4 – березово-еловый сфагново-черничный лес, ЦП-5 – ельник черничный, ЦП-6 – сосняк чернично-сфагновый, ЦП-7 – сосняк сфагново-черничный, ЦП-8 – сосняк черничный.

При оценке типов онтогенетических стратегий использовали методические разработки Ю. А. Злобина [5, 6], с дополнениями А. Р. Ишбирдина с соавторами [7–9]. Всего выделяют четыре типа онтогенетических стратегий растений: защитная (с усилением стресса происходит усиление координации развития растений, повышается морфологическая целостность растения); стрессовая (с усилением стресса ослабляется координация развития, снижается морфологическая целостность растения); защитно-стрессовая (при нарастании стресса происходит сначала усиление, а затем ослабление координации развития растений); стрессово-защитная (при нарастании стресса сначала происходит ослабление, а затем усиление координированности развития, чередование стрессовой и защитной компонент).

Определение типа онтогенетической стратегии проводили на основе оценки характера изменения коэффициента детерминации на экоклине, который выстраивали по индексу виталитета ЦП [7].

Значения индекса виталитета ЦП(IVC), или коэффициента жизнестойкости, для исследуемых ЦП находятся в диапазоне от 0,69 до 1,36. На градиенте ухудшения условий обитания, который сформирован по уменьшению IVC, получен следующий ряд ЦП: 2 (1,36) → 1 (1,23) → 4 (1,15) → 3 (1,06) → 5 (0,94) → 6 (0,87) → 8 (0,70) → 7 (0,69).

Анализ характера изменения морфологической интеграции растений генеративного состояния на экологическом градиенте для *V. myrtillus* позволил выявить стрессовый тип реагирования на ухудшение условий обитания в онтогенетической стратегии.

Тренд онтогенетической стратегии исследованных ценопопуляций *V. myrtillus* представлен на рисунке.

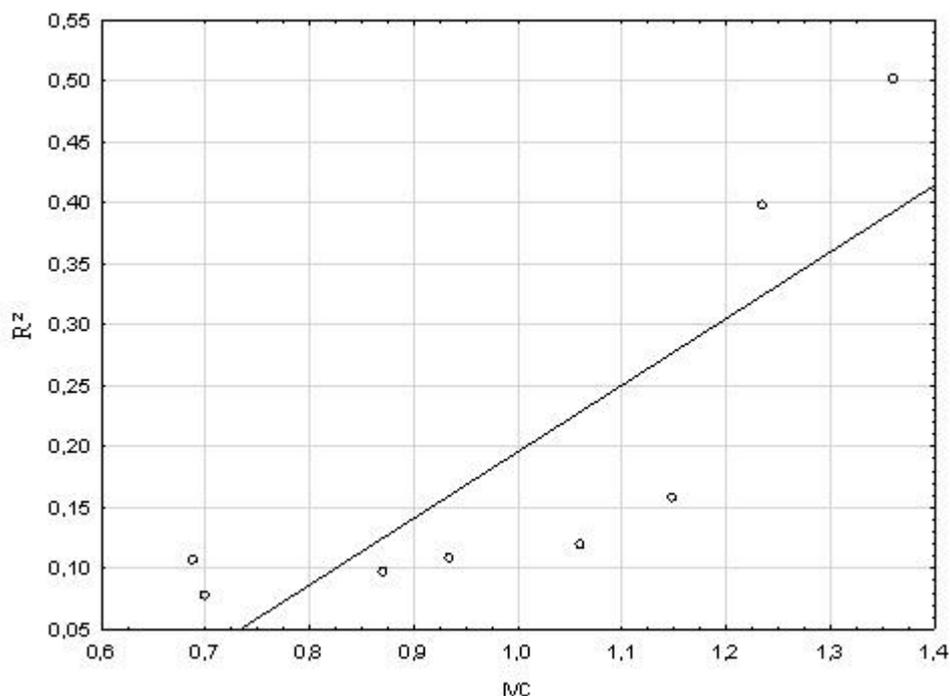


Рис. Тренд онтогенетической стратегии ценопопуляций *V. myrtillus* по оси абсцисс – индекс виталитета ценопопуляции (IVC), по оси ординат – морфологическая целостность (коэффициент детерминации признаков,  $R^2_{ch}$ )

При ухудшении условий роста происходит дезинтеграция морфологической структуры растений, корреляции между признаками ослабевают, что выражается в понижении значений коэффициента детерминации с 0,50 до 0,08%.

Таким образом, оценка жизненности ЦП *V. myrtillus* по индексу виталитета показала, что в наиболее благоприятных условиях находится ЦП 2, для которой установлен максимальный показатель виталитета (IVC=1,36). Наименее благоприятные условия характеризуют ЦП 7, показатель виталитета (IVC=0,69) здесь минимальный. По характеру проявления согласованности в организации морфологической структуры растений для вида установлена стрессовая онтогенетическая стратегия – с нарастанием стресса (с уменьшением жизненности) происходит морфологическая дезинтеграция.

### Литература

1. Василевич В. И. Типы стратегий растений и фитоценоотипы // Журнал общей биологии. 1987. Т. 48. № 3. С. 368–374.
2. Царик Й. В. Популяційна екологія – здобутки й перспективи // Біологічні Студії / Studia Biologica. 2011. Т. 5. № 3. С. 171–182.
3. Егорова Н. Ю., Шлыкова Д. А., Егошина Т. Л. Эколого-фитоценоотическое разнообразие и ресурсная характеристика ценопопуляций *Vaccinium myrtillus* L. в южно-таежных лесах Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. (г. Киров, 13–14 апреля 2017 г.). Киров: ВятГУ, 2017. С. 91–95.
4. Егорова Н. Ю. Особенности экологических предпочтений ягодных растений сем. Vacciniaceae Lindl. в лесных фитоценозах южной тайги // Бореальные леса: состояние, ди-

намика, экосистемные услуги: Тезисы докладов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 60-летию института леса Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, 11–15 сентября 2017 года). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2017. С. 102–104.

5. Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. 146 с.

6. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография. Сумы: Университетская книга, 2009. 263 с.

7. Ишбирдин А. Р., Ишмуратова М. М. Адаптивный морфогенез и эколого-ценологические стратегии выживания травянистых растений // Методы популяционной биологии: Материалы VII Всерос. популяционного семинара. Сыктывкар, 2004. Ч. 2. С. 113–120.

8. Ишбирдин А. Р., Ишмуратова М. М. К оценке виталитета ценопопуляций *Rhodiola iremelica* Boriss. по размерному спектру // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии: Материалы VI Всерос. популяционного семинара. Нижний Тагил, 2004. С. 80–85.

9. Ишбирдин А. Р., Ишмуратова М. М., Жирнова Т. В. Стратегии жизни ценопопуляции *Cephalanthera rubra* (L.) Rich. на территории Башкирского государственного заповедника // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2005. № 1. С. 85–98.

## ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЯХ *IRIS SIBIRICA* L.

**Ю. А. Овчинникова, С. В. Шабалкина**  
Вятский государственный университет,  
zorgkokb@gmail.com, nasturtium2017@yandex.ru

Ирис сибирский (*Iris sibirica* L.) – бореально-неморально-субсредиземноморский вид, распространенный в Средней Европе, Сибири, в Прибалтике, Белоруссии, на Украине, в Молдавии, на Кавказе, в Малой Азии и Монголии, на северо-западе Казахстана. Также вид отмечен в Австрии и Швейцарии [1, 2]. В России встречается во многих районах европейской части (кроме севера и юго-востока), в Западной Сибири и на юго-западе Восточной Сибири. В Средней России известен во всех областях, чаще в черноземной полосе [3]. Обитает на пойменных, сырых и лесных лугах, на полянах, опушках лесов, наиболее часто – в условиях речных долин [1, 3].

Н. Ellenberg с соавторами характеризует *I. sibirica* как светолюбивое растение (8 по шкале освещенности), обитающее в умеренно-теплом и теплом климате (6 по шкале температурного режима) в диапазоне режимов от слабо-океанического до слабо субконтинентального (5 по шкале континентальности климата). Предпочитает почвы влажных и сырых местообитаний (8 по шкале влажности почв), умеренно кислые и слабокислые вплоть до нейтральных (6 по шкале кислотности почв), олиготрофные, бедные минеральным азотом (2 по шкале богатства почвы минеральным азотом) [4].

В соответствии со шкалами, разработанными Е. Landolt, *I. sibirica* избегает экстремально континентальных районов (3 по шкале континентальности), это полусветовое растение: чаще встречается на полном свете, но иногда и при некотором затенении (4 по шкале освещенности). Он произрастает на почвах от умеренно сухих до сырых (3 по шкале увлажнения почв), слабоще-

лочных по реакции среды (4 по шкале кислотности-основности), богатых гумусом (5 по шкале гумусированности), тонкодисперсных по механическому составу (глинистых, торфянистых), обычно водонепроницаемых и плохо аэрируемых (5 по шкале механического состава), бедных минеральными веществами (2 по шкале минерализованности) [5].

Шкалы Л. Г. Раменского характеризуют условия эдафотопы. Увлажнение почв изменяется от влажностепного/лугово-степного до влажнолугового и болотно-лугового. Богатство и засоленность почвы варьируют от довольно богатых со слабокислой, нейтральной и слабощелочной реакцией до богатых с нейтральной и слабощелочной реакцией. Почвы находятся в условиях умеренно переменного увлажнения (лесная, лесостепная зоны) и сильно переменного увлажнения (луга речных пойм и затопляемых понижений) [6].

Д. Н. Цыганов характеризует амплитуду условий экотопа, в которых обитает *I. sibirica*.

По термоклиматической шкале диапазон составляет от 5 до 12 баллов, т. е. вид относится к следующим экологическим свитам: эубореальная, мезобореальная, суббореальная, борео-неморальная, эунеморальная, термонеморальная, субсредиземноморская, мезосредиземноморская. Климат от бореального до субсредиземноморского. Термоморфа: Вm+.

Диапазон по шкале континентальности климата – от 7 до 13 баллов, что соответствует следующим экологическим свитам: субматериковая, материковые 1-я и 2-я, полуконтинентальная, субконтинентальная, мезоконтинентальная, континентальная 1-я. Степень континентальности климата варьирует в пределах от субматерикового до континентального. Контрастоморфа: mK.

Значения омброклиматической шкалы аридности/гумидности колеблются от 5 до 10 баллов. К данному диапазону приурочены следующие экологические свиты: мезоаридная 2-я, субаридные 1-я и 2-я, семиаридная, субгумидные 1-я и 2-я. Омброклиматический режим – от мезоаридного до субгумидного. Омброморфа: SE+.

Согласно криоклиматической шкале *I. sibirica* занимает промежуток от 5 до 11 баллов, что означает принадлежность к криотермным 1-й и 2-й, субкриотермным 1-й и 2-й, гемикриотермным 1-й и 2-й, акриотермной экологическим свитам. Особи могут произрастать в условиях от довольно суровых до теплых зим. Криоморфа: МР.

Растения *I. sibirica* встречаются в биотопах с увлажнением почв от сухостепного до болотно-лесолугового (5–17 баллов по шкале увлажнения). Экологические свиты: суб-, сухо- и влажно-степные, суб-, сухо-, влажно-, сыровато-, сыро-, мокро- и болотно-лесолуговые. Гидроморфа: sp.

Амплитуда солевого режима почв составляет от 6 до 11 баллов, что свидетельствует о приуроченности к следующим экологическим свитам: гликопермезотрофная, гликосемиэвтрофная, гликосубэвтрофная, гликоэвтрофная, пертрофная, галоэвтрофная. Почвы по солевому богатству разнятся от довольно богатых до слабозасоленных. Трофоморфа: +eg.

Кислотность почв вариабельна: от слабокислой до слабощелочной реакции (7–11 баллов по шкале Д. Н. Цыганова), что соответствует субацидофильным 1-я и 2-я, нейтрофильной, субалкалофильным 1-я и 2-я экологическим свитам. Ацидоморфа: df.

По содержанию азота почвы могут быть безазотные, очень бедные и бедные азотом (1–5 баллов). На них встречаются растения следующих экологических свит: анитрофильная, субнитрофильные 1-я и 2-я, геминитрофильные 1-я и 2-я. Нитроморфа: jl.

По шкале освещенности-затенения особи *I. sibirica* могут встречаться на открытых и полуоткрытых пространствах (1–3 баллов), что обуславливает приуроченность к внелесной (световой), полянной (субсветовой) и кустарниковой свитам. Гелиоморфа: Gg.

Ценопопуляции *I. sibirica* могут обитать в условиях переменного и сильно переменного увлажнения (7–9 баллов по шкале переменности увлажнения) и относительно этого фактора принадлежат к следующим свитам: субконтрастофильные 1-я и 2-я, контрастофильная 1-я. Гидроконтрастоморфа: st [7].

При использовании данных шкал Д. Н. Цыганова [7] высчитали балл условно оптимального типа экологического режима как среднее из минимума и максимума амплитуды толерантности вида. Таким образом, *I. sibirica* предпочитает семиаридные ( $Om=7,5$ ) полуконтинентальные ( $Kn=10$ ) условия неморального климатического режима с суммарной радиацией 40–50 ккал/см<sup>2</sup> · год ( $Tm=8,5$ ), умеренные, мягкие зимы со средней температурой самого холодного месяца от 0° до –16 °С ( $Cr=8$ ), световой режим субсветовых ( $Lc=2$ ) сухолесолуговых ( $Hd=11$ ) пространств, богатые минеральными солями ( $Tr=8,5$ ), очень бедные азотом ( $Nt=3$ ), нейтральные ( $Rc=9$ ) почвы с умеренно-сильным переменным увлажнением ( $fH=8$ ).

При анализе амплитуд значений экологических факторов в биотопах с *I. sibirica* можно заметить, что в целом данные по различным оценочным шкалам достаточно сходны, хотя по некоторым из них выявляются существенные различия (табл.). Примером может служить такой экологический фактор, как освещенность: Н. Ellenberg характеризует ирис сибирский как светолюбивое растение, тогда как остальные авторы вышеупомянутых шкал допускают не только светолюбивость, но и незначительную гемисциофитность данного вида [4–7]. Также варьируют оценки некоторых параметров почв, например, кислотности, которая в каждом случае отклоняется в различные стороны от оптимального значения. Значительно отличается оценка минерального богатства почвы по шкалам Н. Ellenberg и Е. Landolt относительно шкал Л. Г. Раменского с соавт. и Д. Н. Цыганова. Вероятно, это связано с тем, что разные авторы по-разному соотносят количественные значения определенных факторов с качественными характеристиками местообитаний.

**Экологическая характеристика *Iris sibirica* по основным факторам среды**

Экологические факторы	Характеристика растений и их местообитаний				Точка оптимума (для амплитудных шкал)	
	Н. Ellenberg	Е. Landolt	Л. Г. Раменский	Д. Н. Цыганов	Л. Г. Раменский	Д. Н. Цыганов
Температура	условия умеренно теплого и теплого климата	–	–	режимы от эубореального до мезосредиземноморского	–	неморальный режим
Свет	светолюбивое растение	полусветовое растение; чаще на полном свету, иногда – при некотором затенении	–	растения открытых и полуоткрытых пространств	–	открытые / полуоткрытые пространства
Увлажнение почвы	от влажных до сырых местообитаний	на почвах от средней сухости до влажных	влажно- или лугово-степное; сухих и свежих лугов и лесов; влажно- или болотно-луговое	–	сыролуговое увлажнение	сухолесолуговое увлажнение
Кислотность почвы	от умеренно кислых до слабо кислых (нейтральных)	слабощелочные	–	от слабокислых до слабощелочных	реакция от слабо кислой до нейтральной (pH=6,0–7,5)	нейтральные почвы (pH=6,5–7,2)
Богатство почвы минеральными элементами	олиготрофные, бедные	бедные	довольно богатые и богатые почвы	небогатые, довольно богатые, богатые, слабозасоленные почвы	довольно богатые почвы	богатые почвы
Богатство почвы азотом	–	–	–	безазотные, очень бедные азотом и бедные азотом почвы	–	очень бедные азотом почвы
Содержание гумуса	–	богатые	–	от небогатых до слабо засоленных	–	–

*Примечание:* серым цветом выделены ячейки с наиболее выраженными отклонениями значений от оптимальных.

Потенциальная экологическая валентность, рассчитанная по методике Л. А. Жуковой [8] на основе градации шкал Д. Н. Цыганова, изменяется у *I. sibirica* от 0,27 до 0,57. Это позволяет характеризовать вид гемизэвивалентным по шкале увлажнения ( $H_d=0,57$ ); мезовалентным – по шкале континентальности климата ( $K_n=0,46$ ), термоклиматической ( $T_m=0,47$ ) и криоклиматической ( $C_r=0,46$ ) шкалам; гемистеновалентным – по шкалам обеспеченности почвы азотом ( $N_t=0,45$ ), аридности-гумидности ( $O_m=0,40$ ) и кислотности почвы ( $R_c=0,38$ ); стеновалентным – по шкалам освещенности ( $L_c=0,33$ ), минерального богатства ( $T_r=0,32$ ), переменности увлажнения ( $f_H=0,27$ ). Формула, характеризующая экологические валентности по отношению к набору факторов сред для *I. sibirica*, выглядит следующим образом:  $GЭV_{H_d} MВ_{T_m, K_n, C_r} ГСВ_{O_m, N_t, R_c} СВ_{L_c, f_H}$ .

Индекс толерантности равен 0,41, что характеризует вид гемистенобионтным по отношению к десяти факторам, т.е. особи способны произрастать в местообитаниях с необходимыми для них условиями, которые могут очень незначительно отклоняться от оптимальных [8]. Видимо, поэтому *I. sibirica* во многих регионах встречается редко и занесен в Красные книги.

Таким образом, анализ вышеописанных шкал позволяет охарактеризовать *I. sibirica* как бореонемарофит, семиаридофит, субкриотерм, гликоэвтроф, нейтрофил, субанитрофил [4–7]. Поэтому основными местообитаниями особей вида являются пойменные луга, лесные поляны и опушки, речные долины и берега стариц [1–3]. Для Кировской области – основного места проведения исследований – были выявлены как оптимальные факторы, способствующие расширению границ местообитания – температурный, омброклиматический и криоклиматический режимы, увлажнение почв, освещенность, так и ограничивающие – континентальность климата, солевое богатство почв, их кислотно-щелочное равновесие, а также переменность увлажнения. Наиболее значительно лимитирует распространение *I. sibirica* фактор богатства почв азотом: особи данного вида предпочитают почвы, заметно беднее азотом, чем почвы, наблюдаемые в местообитаниях вида в Кировской области.

### Литература

1. Федченко Б. А. Род 307 Касатик – *Iris* L. // Флора СССР. Т.4. Л., 1935. С. 511–576.
2. Власова Н. В., Доронькин В. М., Золотухин Н. И. и др. Флора Сибири. Т. 4. Araceae – Orchidaceae. Новосибирск: Наука, 1987. 247 с.
3. Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Том 1: Папоротники, хвощи, плауны, голоосеменные, покрытосеменные (однодольные). М.: 4. Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2004. 520 с.
4. Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen D. et al. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Göttingen: Scripta geobotanica, 1991. Vol. 18. 248 s.
5. Landolt E. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Zürich: Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel, 1977. Bd. 64. 208 s.
6. Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, 1956. 471 с.

7. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

8. Жукова Л. А. Оценка экологической валентности видов основных эколого-ценотических групп // Восточноевропейские леса. История в голоцене и современность: в 2 кн. Кн. 1. М.: Наука, 2004. С. 256–270.

## **РЕДКИЕ И ИНДИКАТОРНЫЕ ВИДЫ МАКРОМИЦЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «БЫЛИНА»**

***И. В. Ставишенко<sup>1</sup>, Е. А. Лугинина<sup>2,3</sup>, Д. В. Кириллов<sup>4</sup>***

*<sup>1</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН,  
stavishenko@bk.ru,*

*<sup>2</sup>ВНИИОЗ имени профессора Б. М. Житкова,  
e.luginina@gmail.com,*

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

*<sup>4</sup>Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Целостность природных экосистем во многом зависит от разнообразия отдельных компонентов и неминуемо нарушается при его сокращении. Поэтому при осуществлении инвентаризации видового состава определенной территории крайне важно выявить виды, популяции которых в силу ряда причин могут перейти в угнетенное состояние, резко сократить численность или исчезнуть. Особое значение имеет выявление видового состава микобиот как наименее изученных компонентов экосистем на особо охраняемых природных территориях (ООПТ).

Государственный природный заказник «Былина» регионального значения расположен на северо-западе Кировской области в пределах северо-западной части Опаринского и южной части Подосиновского районов. Общая площадь заказника составляет 48151 га, из них на лесопокрытую площадь приходится 87% [1]. Большая часть охраняемой территории располагается вдоль течения реки Былина. По системе биогеографического деления охраняемая природная территория входит в южную часть Онего-Мезенского субрегиона Европейского северного- и среднетаежного природного региона и находится в Евразийской таежной зоне, в подзоне средней тайги.

Сбор материала проводился маршрутным методом в вегетационные периоды с 2010 по 2017 гг. Сеть маршрутов охватывала все характерные для исследуемого природного объекта экотопы: в северной части, в охранной зоне вдоль долины р. Пелегова; в центральной части и в долине р. Былина; в юго-западной части и в долине р. Молома.

Сбор, описание и фиксацию гербарного материала проводили по стандартным методикам [2, 3]. Идентификация агарикоидных грибов была выполнена на базе микологической лаборатории отдела флоры и растительности севера Института биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар); афиллофоровых и гетеробазидальных грибов – в лаборатории биоразнообразия растительного мира и микобиоты Института экологии растений и живот-

ных УрО РАН (г. Екатеринбург); аскомицеты и часть гетеробазидиальных видов грибов определяли во Всероссийском научно-исследовательском институте охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова (г. Киров).

Определение образцов осуществлялось с помощью микроскопов марок «ЛОМО Микмед-2» и «МС 2» с использованием стандартного набора реактивов.

Редкие виды макромицетов заказника «Былина» выделены с учетом следующих критериев: небольшое число находок на территории Кировской области, популяция вида в регионе находится на границе ареала, низкая численность и дизъюнкции в ареале, наличие вида в Красных книгах РФ (2008) [4] Кировской области (2014) [5].

Всего на территории заказника «Былина» выявлено 16 редких видов макромицетов, из них 1 вид включен в Красную книгу РФ (2008), 2 – в Красную книгу Кировской области (2014), 7 – в Приложение 2 к Красной книге Кировской области (2008). Перечисленные редкие виды принадлежат к 2 отделам, 5 порядкам, 11 семействам, 13 родам.

Отдел Ascomycota

Порядок Peziziales

Семейство *Sarcoscyphaceae*

1. *Sarcosoma globosum* – Редок повсеместно. Включен в Красные книги РФ (2008) и Кировской области (2014).

Отдел Basidiomycota

Порядок Agaricales

Семейство *Cortinariaceae*

2. *Cortinarius violaceus* – Редок повсеместно. Включен в Приложение 2 к Красной книге Кировской области (2014).

Семейство *Marasmiaceae*

3. *Atheniella adonis* – Редок повсеместно. Впервые отмечен для Кировской области.

Семейство *Muscenaceae*

4. *Muscena niveipes* – Редок повсеместно. Впервые отмечен для Кировской области.

5. *Muscena picta* – Редок повсеместно. Впервые отмечен для Кировской области.

6. *Muscena rosella* – Редок повсеместно. Впервые отмечен для Кировской области.

7. *Muscena stylobates* – Редок повсеместно.

Порядок Polyporales

Семейство *Fomitopsidaceae*

8. *Amylocystis lapponicus* – Редок повсеместно, встречается только в нарушенных местообитаниях. Включен в Приложение 2 к Красной книге Кировской области (2014).

9. *Flavidoporia mellita* – Редок повсеместно. Включен в Приложение 2 к Красной книге Кировской области (2014).

Семейство Meripilaceae

10. *Rigidoporus crocatus* – Редок повсеместно, встречается только в ненарушенных местообитаниях. Включен в Приложение 2 к Красной книге Кировской области (2014).

Семейство Meruliaceae

11. *Phlebia tremelloidea* – Редок повсеместно, известен по нескольким местообитаниям в Евразии.

Семейство Polyporaceae

12. *Diplomitoporus crustulinus* – Редок повсеместно, встречается только в ненарушенных местообитаниях. Включен в Приложение 2 к Красной книге Кировской области (2014).

Incertae sedis

13. *Anthoporia albobrunnea* – Редок повсеместно. Включен в Приложение 2 к Красной книге Кировской области (2014).

Порядок Russulales

Семейство Russulaceae

14. *Lactarius uvidus* – Впервые отмечен для Кировской области. Редок повсеместно.

Порядок Gomphales

Семейство Clavariadelphaceae

15. *Clavariadelphus pistillaris* – Редок повсеместно. Включен в Красную книгу Кировской области (2014).

Семейство Gomphaceae

16. *Ramaria formosa* – Редок повсеместно. Включен в Приложение 2 к Красной книге Кировской области (2014).

На территории заказника «Былина» выявлены также индикаторные для малонарушенных бореальных лесов виды афиллофоровых грибов [5–11]. К таковым относятся встречающиеся в старых хвойных древостоях и развивающиеся преимущественно на крупномерной древесине *Amylocystis lapponicus*, *Anthoporia albobrunnea*, *Asterodon ferruginosus*, *Butyrea luteoalba*, *Ceriporia tarda*, *Cystostereum murrayi*, *Dichostereum granulatum*, *Diplomitoporus crustulinus*, *D. flavescens*, *Gloeophyllum abietinum*, *Gloeoporus taxicola*, *Junghuhnia collabens*, *Neoantrodia infirma*, *Perenniporia subacida*, *Phellinidium ferrugineofuscum*, *Postia fragilis*, *Pycnoporellus fulgens*, *Rigidoporus crocatus*, *Skeletocutis odora*. Следует отметить, что локально на участках спелых и перестойных ельников южной части охраняемой территории *P. fulgens* наблюдался также часто, как и массовый *Fomitopsis pinicola*.

Присутствие на охраняемой территории большого количества редких и индикаторных для коренных таежных лесов видов грибов указывает на высокую ценность и сохранность лесных экосистем заказника.

В заключение стоит заметить, что одним из наиболее действенных методов охраны редких видов грибов на территории Кировской области является

ся сохранение их в естественных местообитаниях, наиболее полно осуществляемое в пределах особо охраняемых природных территорий – в частности, Государственного природного заказника «Былина». К числу дополнительных мер, расширяющих функциональность системы охраны редких и исчезающих видов грибов, должен относиться микологический мониторинг, включающий оценку и прогноз состояния микологической компоненты природных экосистем.

*Авторы выражают особую благодарность В. М. Рябову за предоставленную информацию о новых местонахождениях некоторых видов макромицетов.*

### Литература

1. Рябов В. М. Фауна Государственного природного заказника «Былина». Часть I. Позвоночные животные. Киров: 2007. 200 с.
2. Бондарцев А. С., Зингер Р. Руководство по сбору высших базидиальных грибов для научного их изучения // Тр. Бот. ин-та им. В. И. Комарова. Сер. II. 1950. № 6. С. 499-543.
3. Ryvarden L., Gilbertson R. L. European Polypores. P 1: Abortiporus – Lindneria. Oslo: Synopsis Fungiforum, 1993. Vol. 6. P. 1–378.
4. Красная книга Российской Федерации. Т. 2. Растения. М., 2008. 885 с.
5. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы: [справочник] / [авт.- сост.: О. Г. Баранова и др.]. Изд. 2-е. Киров: Департамент экологии и природопользования Кировской обл., 2014. 335 с.
6. Parmasto E. Key book to the Clavariaceae of the USSR. М-Ленинград: Наука, 1965. 167 с.
7. Eriksson J., Ryvarden L. The Corticiaceae of North Europe. Oslo: Fungiflora, 1973. Vol. 2: Aleurodiscus – Confertobasidium. P. 60–287.
8. Eriksson J., Ryvarden L. The Corticiaceae of North Europe. Oslo: Fungiflora, 1975. Vol. 3: Conocium – Hyphoderma. P. 288–548.
9. Eriksson J., Ryvarden L. The Corticiaceae of North Europe. Oslo: Fungiflora, 1976. Vol. 4: Hyphodermella – Mycoacia. P. 549–888.
10. Бондарцева М. А., Пармасто Э.Х. Семейства гименохетовые, лахнокладиевые, кониофоровые, щелелистниковые (Определитель грибов СССР, Порядок афиллофоровые, Вып. 1). Л.: Наука, 1986. 192 с.
11. Бондарцева М. А. Семейства альбатрелловые, апорпиевые, болетопсиевые, бондарцевиевые, ганодермовые, кортициевые (виды с порообразным гименофором), лахнокладиевые (виды с трубчатым гименофором), полипоровые (роды с трубчатым гименофором), пориевые, ригидопоровые, феоловые, фистулиновые (Определитель грибов СССР, Порядок афиллофоровые, Вып. 2). СПб: Наука, 1998. 391 с.

## ЗАМЕТКИ К ФЛОРЕ КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ

*А. В. Могилева*

*Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. Б. М. Житкова, Lika802@mail.ru*

Командорские острова являются самой западной группой Алеутской островной дуги, протянувшейся с востока на запад почти на 2000 км. Местная флора сформировалась в результате контакта флор Камчатки и Северной

Америки, а затем претерпела дальнейшие изменения, обусловленные геологической историей и географическим положением островов [1]. Растительность островов отличается от прилежащих территорий Камчатки, Корякии и северных Курил доминированием тундр и отсутствием как лесных, так и стланиковых сообществ [2]. По последним данным [3, 4] флора сосудистых растений Командорских островов насчитывает 457 видов и подвидов растений. Из них 17 видов известны в России только с Командор. Четыре вида, произрастающие на о-ве Беринга, включены в Красную книгу Российской Федерации: *Isoetes maritime*, *Cypripedium macranton* Sw., *Cypripedium guttatum* Sw. subsp. *Yatabeanum*, *Platanthera camtschatica* [5]. Из них на о-ве Медном произрастает только *Cypripedium guttatum* Sw. subsp. *Yatabeanum*. В региональную Красную книгу занесено 13 видов [6].

Наблюдения проводились в ходе полевых работ по программе экологического мониторинга на территории о-ва Беринга и о-ва Медный в 2017–2018 гг. База данных GPS-координат и гербарные образцы хранятся в коллекции Государственного природного биосферного заповедника «Командорский».

#### **Новые таксоны для флоры о-ва Медный**

*Alchemilla subcrenata* Buss. – Окрестности кордона в б. Гладковской, разнотравный луг. Заносное. Вид нередок на о-ве Беринга в окрестностях села Никольского, на о-ве Медный ранее отмечен не был. Жизненность популяции нормальная.

#### **Новые местонахождения редких видов:**

*Cypripedium macranthon* Sw. – о-в Беринга, долина р. Лодыгинской, разнотравный луг у подножья склона, возле переезда через реку, единично. Вид включен в Красную книгу РФ, как редкий (категория 3) [5] и Красную книгу Камчатки как сокращающийся в численности (категория 2) [6].

*Cypripedium guttatum* Sw. subsp. *Yatabeanum* (Makino) Nult. – о-в Беринга: б. Буян, приморские склоны, массово; долина р. Старогаванской, сухие травянистые склоны у дороги, массово; окр. с. Никольского, разнотравно-кустарничковая тундра, массово; долина р. Лисинской, разнотравный луг, рассеяно. О-в Медный: б. Тополевская, разнотравно-кустарничковая тундра; б. Гладковская, разнотравно-кустарничковая тундра; долина р. Озерной, разнотравно-кустарничковая тундра. Спорадически. Популяции занимают средние части южных склонов. Вид включен в Красную книгу РФ, как редкий вид (категория 3) [5] и Красную книгу Камчатки [6] как сокращающийся в численности (категория 2).

*Draba grandis* Langsd. – о-в Беринга: б. Прибойная, прибрежные скалы за м. Черным. В сводке О. А. Мочаловой, В. В. Якубова «Флора Командорских островов» (2004) [1] ее распространение указывается только для юга о-ва Беринга. Популяция имеет нормальную жизненность. О-в Медный: бухта Водопадная, сырые скалы у моря. В сводке О. А. Мочаловой, В. В. Якубова «Флора Командорских островов» [1] ее распространение на о-ве Медном указывается только для б. Сосинской и мыса Корабельный столб. Детальные флористические исследования, проведенные в 2017 г. [4], не показали произ-

растания здесь данного вида, однако в ходе полевых исследований в 2018 г. произрастание вида подтвердилось нами. Североамериканский вид, включен в Красную книгу Камчатки как редкий (категория 3) [6].

*Platanthera oligantha* Turcz. (*Lysiella oligantha* (Turcz.) Nevski) – о-в Медный, южный склон сопки между долинами р. Озерная и Тополевская, разнотравная лужайка в верхней части склона. В сводке О. А. Мочаловой, В. В. Якубова «Флора Командорских островов» [1] ее распространение на о-ве Медном указывается только для б. Корабельной и Ожидания. Вид включен в Красную книгу Камчатки как редкий (категория 3) [6]. Также вид занесен в Красные книги четырех субъектов Российской Федерации.

*Potentilla villosa* Pall. ex Pursh. – о-в Беринга, б. Перешеек, прибрежные скалы, массово; окр. с. Никольского, прибрежные скалы у Входного мыса, единично. О-в Медный, восточное побережье острова, прибрежные скалы – массово, сухие каменистые склоны вдали от побережья – довольно часто. Эндемик. Вид внесен в перечень видов, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде и мониторинге [6].

*Potentilla beringii* Jurtz. – о-в Медный, каменистые осыпи и россыпи рядом с выходом коренных пород по вершинам сопки, спорадически (между б. Корабельная и Ожидания, б. Сенькина и б. Маленькая, г. Сахарная Головка). Эндемик. Вид внесен в перечень видов, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде и мониторинге [6].

*Cerastium aleuticum* Hult. – о-в Медный, б. Жировая, верхняя часть южного склона горы 544 м, щебнистая тундра. Эндемик. Вид внесен в перечень видов, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде и мониторинге [6].

*Platanthera dilatata* (Pursh) Lindl. ex G. Beck. – о-в Медный, Долина р. Озерной, сырой заболоченный луг в среднем течении. Довольно крупная популяция в средней части острова (ранее указывалось, что вид более обычен в южной части острова [1]). Эндемик. Внесен в список растений, нуждающихся в особом внимании [6].

#### **Новые местонахождения других видов на о-ве Беринга**

*Plantago major* L. – Заносное. 01.08.2017 окрестности мыса Китовый, дорога на Северное лежбище, глинистый подъем; устье р. Буян, заросли вдоль дороги от водопада к кордону. Также в 2017 г. вид был обнаружен и собран на о-ве Медный [4]. Ранее этот вид приводился для Командор как сомнительный, произрастание которого требует подтверждения.

*Ribes fragrans* Pall. – о-в Беринга 27.05.2017, б. Половина, возле избушки. Заносный вид. Ранее, в 2013 г., впервые была обнаружена у дороги в 1200 м на ЮЗ от г. Наковальня. Жизненность нормальная.

#### **Новые местонахождения других видов, на о-ве Медный**

*Fritillaria camschatcensis* (L.) Ker-Gawl. – По восточному побережью довольно обычно, местами массово. Приморские луга, разнотравные луга в долинах. В сводке О. А. Мочаловой, В. В. Якубова «Флора Командорских островов» [1] встречаемость указана «изредка».

*Claytonia arctica* Adam. – б. Подъемная, сырой замоховелый луг в долине ручья. Ранее, в сводке О. А. Мочаловой, В. В. Якубова «Флора Командорских островов» [1] распространение указывалось только для окр. г. Столовой, верховьев рек в бухтах Фомушкина и Корабельная.

*Rubus chamaemorus* L. – Осоково-моховая тундра между б. Ожидания и б. Никольской в средней части С-З склона; б. Подъемная, осоково-моховая тундра в долине ручья. Ценное пищевое растение.

*Viola biflora* L. – Разнотравные луга, приморские склоны по восточному побережью, нередко. Ранее [1] встречаемость для данного вида указана как «изредка», но вид довольно обычен для всех частей острова.

*Arctica nana* (Maxim) Makino – щебнисто-кустарничковая тундра на склоне сопки между б. Корабельная и Ожидания; кустарничковая тундра в средней части склона между б. Ожидания и Подъемная. В сводке О. А. Мочаловой, В. В. Якубова [1] в центре и на севере острова отмечаются единичные находки.

#### Литература

1. Мочалова О. А., Якубов В. В. Флора Командорских островов. Владивосток, 2004. 110 с.
2. Крестов П. В. Растительный покров Командорских островов // Ботанический журнал. 2004. Т. 89. № 11. С. 1740–1762.
3. Шилова А. В. Результаты инвентаризации флоры Командорских островов // Биоразнообразие экосистем крайнего севера: инвентаризация, мониторинг, охрана: Материалы III Всерос. конф. Сыктывкар, 2017. С. 136–138.
4. Волкова П. А., Копылов-Гуськов Ю. О., Тихомиров Н. П., Иванова М. О., Бобров А. А. Заметки по флоре острова Медный (Командорские острова) // Ботанический журнал. 2018. Т. 103. № 4. С. 528–540.
5. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М., 2008. 855 с.
6. Красная книга Камчатского края. Т. 2. Растения / Отв. ред. О. А. Черныгина. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2018. 388 с.

### ОПЫТ АНАЛИЗА ПОСЛЕРУБОЧНОГО СОСТОЯНИЯ ФИТОЦЕНОЗОВ ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА»

*М. А. Кельдышев, А. Н. Винокуров, И. А. Вартан, А. М. Прокашев*  
*Вятский государственный университет, amprokashv@gmail.com*

Государственный природный заказник (ГПЗ) «Былина» расположен на водоразделе Северного Ледовитого океана и Каспийского моря, в бассейнах рек Северная Двина и Волга, соответственно. Он основан в 1994 г. на территории Подосиновского и Опаринского районов в качестве особо охраняемой природной территории (ООПТ) регионального значения для резервации природных комплексов среднетаежных ландшафтов и верховых болот, охраны редких и исчезающих видов животных, растений и мест их обитания. Территория заказника в недавнем прошлом была значительно преобразована в ходе лесодобычи (почти повсеместно) и земледелия (северная часть).

Природа заказника в последние десятилетия изучалась преимущественно с флористической и фаунистической точек зрения [1, 2]. Наряду с биологическими подходами не менее актуально и комплексное исследование литогенной основы и биокосных систем, в т.ч. почвенного покрова и геокомплексов локального уровня – типов фаций, урочищ и т. п. [3–6]. В представленном материале основное внимание уделено предварительному знакомству с фитоценотической структурой и, в частности, с послерубочным состоянием и возрастным составом древостоев, как основной цели данного сообщения.

В качестве примера авторами более подробно представлена характеристика лесных угодий южной, менее изученной части ГПЗ «Былина», в пределах междуречья Паломки и Моломы и левобережья реки Ертач (14-й и 16-й кварталы соответственно). Эти участки имеют абсолютные высоты на уровне 178 м при относительных около 40 м. Теплообеспеченность невысокая, с суммой активных температур около 1600–1700 °С; влагообеспеченность повышенная, близкая к избыточной с годовой нормой осадков около 660 мм. При коэффициенте увлажнения по Иванову, равному 1,3–1,35, это определяет условия для формирования серии типов и подтипов водного режима: промывной, водозастойно-промывной и водозастойный. Им соответствуют доминирующие гигротопы – влажный, с повышенным увлажнением, в элювиальных, трансэлювиальных и трансаккумулятивных позициях и сырой, с очень повышенным натежным и грунтовым увлажнением, – в аккумулятивных и супераккумулятивных местоположениях. Почвообразующими породами являются преимущественно суглинистые гляциальные и супесчаные водно-ледниковые отложения. Гранулометрический состав варьирует от супесчаного (С-3 16 квартала), до средне- и тяжелосуглинистого. По трофности рассматриваемые территории могут быть оценены как олиготрофные, бедные питательными элементами, в случае песчано-супесчаных почво-грунтов, и как мезотрофные, с несколько большим плодородием, на моренных, либо покровных суглинках.

Участок исследования выбирался по данным предварительного анализа лесотаксационной карты заказника в масштабе 1:25000 2013 года издания [7], с учетом положения на различных элементах мезоформ рельефа и степени контрастности типов лесорастительных условий.

Площадь первого из исследуемых кварталов, расположенного на междуречье Паломки и Моломы составляет 1127 га, из них на лесные территории приходится 1050,4 га (93%). Остальные 7% находятся под пойменными или пустошными послерубочными луговинами и лесовозными грунтовыми дорогами. Еловые леса с примесью мелколиственных пород занимают большую часть территории данного квартала – 778,7 га, – что составляет 74% лесных угодий. Второе место по площади принадлежит вторичным березовым лесам со значительным участием ели (встречается повсеместно), а в единичных случаях – пихты. Под березняками находится 266,8 га или 25,4%; оставшаяся, крайне незначительная по площади лесопокрытая территория занята зрелым осиновым лесом (рис. 2).

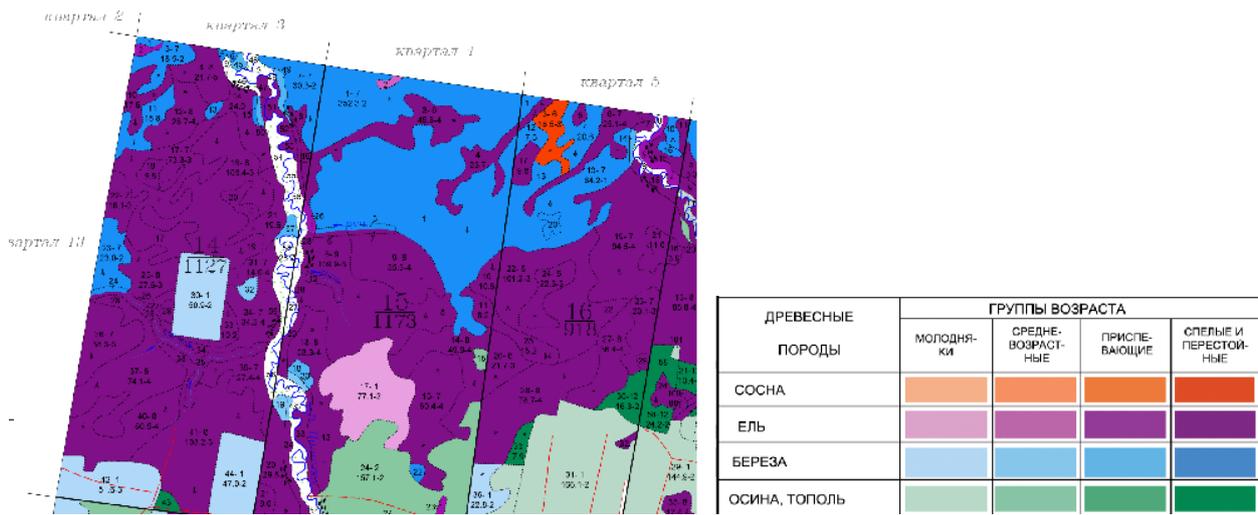


Рис. 1. Схема древесных пород исследуемой территории

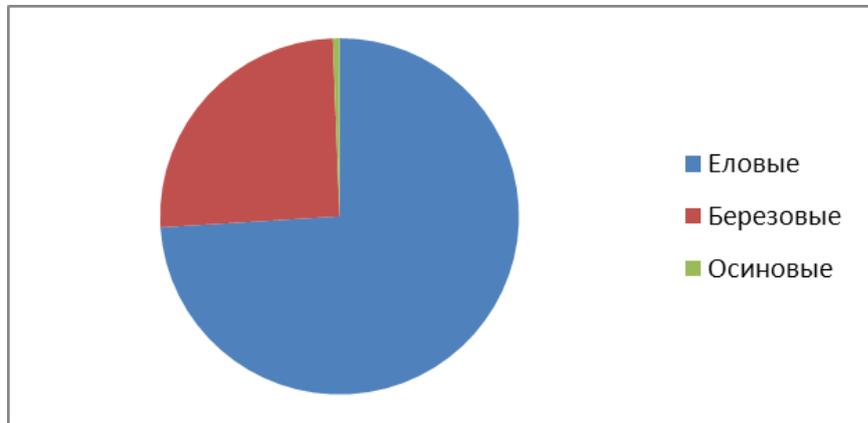


Рис. 2. Процентное соотношение лесных угодий междуречья Паломки и Моломы

Возрастной состав пород упомянутого квартала весьма разнообразен. Средний возраст ели составляет 130–140 лет, березы – 65–75 лет, а осины – 130 лет. Причиной разновозрастного состава может являться выборочная рубка, которая практиковалась для самовосстановления хвойных пород на территории квартала. Средняя высота яруса равна 22–24 м. Диаметр стволов варьирует от 18 см у березы, до 26 см у ели. Повсеместно встречается еловый подрост в разном количестве: от 1,5 тыс. шт./га в низине, до 4 тыс. шт./га на вершине и склонах. Подобная видовая и возрастная структура древостоя косвенно свидетельствует об избирательном использовании при лесозаготовке преимущественно хвойных пород и березы, с оставлением нетронутой осины, как менее ценной мягколиственной породы. Обилие в подросте ели определенно указывает на тенденцию усиления ее доминирующей роли в составе будущих древостоев.

Несколько иная ситуация сложилась в соседнем квартале № 16, расположенном на левом берегу р. Ертач. Его площадь равна 918 га, из которых на лесные угодья приходится 901,7 га. Соотношение классов древесных формаций здесь меняется: доминируют ельники, занимающие 569,8 га, или 62% от всех лесов данного квартала. На второе место выходят осиновые леса, которые покрывают 221,9 га (24,5%) территории. Березовые леса занимают 91,5 га (10,1%). Главное отличие от предыдущего участка исследования – наличие соснового леса, занимающего 18,5 га, что составляет 3,4% от лесных угодий данного квартала (рис. 3).

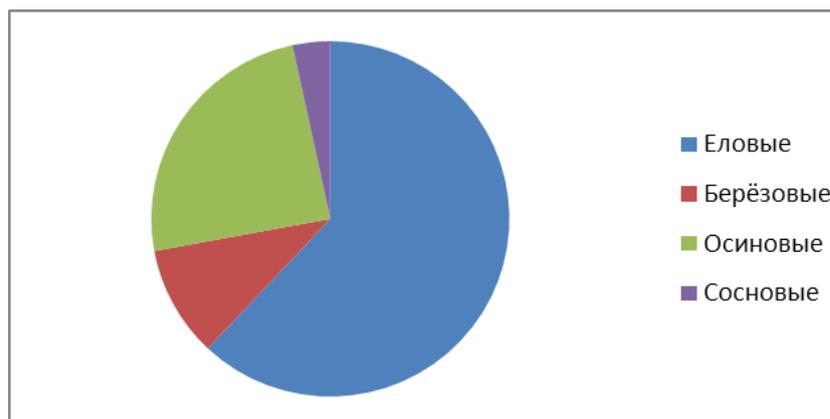


Рис. 3. Процентное соотношение лесных угодий левобережья р. Ертач

На этой территории располагаются достаточно разновозрастные леса. Например, возраст ели варьирует в пределах 20–160 лет, что говорит о производившейся в квартале выборочной рубке. Возраст остальных пород меняется в меньших масштабах, в частности у березы он в среднем составляет 70 лет, соответствуя категории спелых древостоев. Немногим моложе и осиновые формации, за исключением участка березово-осинового молодняка, возраст которого не превышает 10 лет. По видимому, при лесозаготовке в данном квартале наряду с хвойными попутно вырубались обе сопутствующие мелколиственные породы – береза и осина. Следующим отличием второго из кварталов является редкий, но повсеместный подрост, представленный рябиной, жимолостью, ивой и шиповником. Подрост менее густой, чем в первом из кварталов, описанном выше. Количество ели в подросте составляет 3 тыс. шт./га, что также служит индикатором направленности динамики лесных насаждений этого квартала в будущем.

Влажным и сырым лесорастительным условиям отвечает и наземный травянистый, кустарничковый и мохово-лишайниковый покровы. В пределах 14 квартала преобладает торфяно-болотная растительность, что связано с его уплощенной поверхностью. В 16 квартале преобладают зрелые черничные и кисличные еловые леса, хотя в понижениях и в северо-восточной части, включая пойму р. Ертач, сформировалась аналогичная болотная растительность. Легкий гранулометрический состав четвертичных отложений северо-западного угла 16 квартала определил доминирование на вершине водораздела соснового леса. Последнее заставляет усомниться в абсолютной правоте

взглядов, согласно которым сосновые леса являются продуктом человеческой деятельности, а именно распахки в прошлом преимущественно легких песчано-супесчаных почв, как более податливых при архаичной – сошной – обработке в условиях имевшей место в прошлом подсечно-огневой системы земледелия. Остальная часть квартала, покрытая преимущественно моренными суглинистыми наносами, занята более требовательными к минеральному питанию еловыми лесами или переходными – вторичными – осиновыми насаждениями.

Таким образом, лесодобыча в ходе выборочных и сплошных рубок привела к глубокой трансформации коренных растительных формаций. В настоящее время здесь наблюдается постепенное самовосстановление темнохвойных пород, находящееся на различных стадиях послерубочных сукцессий. Видовой состав отдельных лесных делянок достаточно контрастен, но основную массу занимают темнохвойные леса из ели и пихты. На местах с более легким гранулометрическим составом почво-грунтов встречаются светлохвойные сосновые леса. Автогенная сукцессия на исследуемой территории соответствует модели толерантности. На территориях, где производилась сплошная рубка, сформировались луговины на месте вырубок. Под пологом мелколиственных пород формируются пациенты, представленные подростом ели.

В качестве предварительных выводов о состоянии отдельных кварталов южной части заказника «Былина» можно сказать следующее. Состав анализируемых ассоциаций, их групп и растительных формаций определяется рядом природных и техногенных факторов. Во-первых, историей лесопользования, прежде всего временем и способами рубки и ухода; во-вторых, местными эдафическими – гидро- трофотопическими – условиями; в третьих, видовыми особенностями отдельных древесных пород, их отношением к свету, минеральному питанию и т.п. В целом он подчиняется известным в науке закономерностям сукцессионной динамики таежных типов леса, отражая в своем видовом, ценотическом составе и габитусе последствия разного по времени предшествующего этапа лесопользования. При длительном невмешательстве человека в условиях заказного режима природопользования следует ожидать постепенного восстановления первичной структуры групп и классов древесных растительных формаций. В этом отношении следует подчеркнуть особое научное значение немногих кварталов девственных среднетаежных лесов, чудом сохранившихся в бассейне р. Моломы, которые могут служить эталоном при оценке степени восстановления лесов ГПЗ «Былина», трансформированных при их интенсивной лесоэксплуатации в прошлом. В этом заключается особая научная ценность данной ООПТ как модельной территории для длительных фитоценотических, почвенно-геоботанических, эколого-географических и целого ряда других естественнонаучных исследований, важных как с научной, так и прикладной точек зрения.

## Литература

1. Тарасова Е. М. Флора государственного природного заказника «Былина». Киров, 2005. 222 с.
2. Рябов В. М., Фауна государственного природного заказника «Былина». Ч. 1. Позвоночные животные. Киров: Орма. 174 с.
3. Прокашев А. М., Черезова И. А., Варган И. А., Винокуров А. Н. О свойствах постагрогенных почв заказника «Былина» // *Advanced Science*. 2017. № 3. С. 40–52.
4. Прокашев А. М., Черезова И. А., Варган И. А. Предварительные данные о почвах заказника «Былина» // Историко-культурный образ территории Кировской области: Сб. статей /авт.-сост. Г. А. Русских, И. Ю. Алалыкина, М. А. Кельдышев. Киров: Изд-во МЦИТО, 2017. С. 91–97.
5. Прокашев А. М., Матушкин А. С., Варган И. А., Кельдышев М. А. Экология педогенеза и состав почв государственного природного заказника «Былина» // Почвы России: вчера, сегодня, завтра: Сб. статей по материалам Всерос. с междунар. участием науч. конф., посвящ. Году экологии и 90-летию со дня рождения проф. В. В. Тюлина (5 октября 2017 г.) /Отв. за вып. А. М. Прокашев. Киров: Изд-во ВятГУ, 2017. С. 167–177.
6. Прокашев А. М., Варган И. А., Матушкин А. С., Пупышева С. А., Винокуров А. Н. Подзолы и дерново-подзолы государственного природного заказника «Былина» // Почвы России: вчера, сегодня, завтра: Сб. статей по материалам Всерос. с междунар. участием науч. конф., посвящ. Году экологии и 90-летию со дня рождения проф. В. В. Тюлина (5 октября 2017 г.) /Отв. за вып. А. М. Прокашев. Киров: Изд-во ВятГУ, 2017. С. 177–185.
7. Данные плана лесонасаждений арендного участка ООО «Лестехснаб плюс» Паломницкого участкового лесничества Опаринского лесничества Кировской области (актуализация 2013 г.).

## КОЛЛЕКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ДЕНДРОПАРКА ЛЕСОВОДОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Д. Г. Рязанова, О. Н. Пересторонина*  
*Вятский государственный университет, Dariabiolog@mail.ru*

На 01.01.2018 г. в Кировской области насчитывается 199 особо охраняемых природных территорий (ООПТ) разных типов и категорий: государственный природный заповедник федерального значения «Нургуш», 3 государственных природных заказника регионального значения: «Пижемский», «Былина», «Бушковский лес», 173 памятника природы регионального значения, зеленая зона городов Кирова, Кирово-Чепецка и Слободского и 21 ООПТ местного значения. Общая площадь ООПТ составляет 324,1 тыс. га, или 2,69% от общей площади области [1].

В г. Кирове и его окрестностях насчитывается 22 памятника природы регионального значения [2]. Одним из городских памятников природы является Дендрологический парк лесоводов Кировской области – излюбленное место отдыха населения.

Дендрологический парк находится в Нововятском районе г. Кирова в слободе Сошени. Его общая площадь составляет 49,44 га. Примерно половина занята искусственными посадками. По инициативе директора Кировского

лесхоза М. С. Вылегжанина были созданы специальные коллекции древесных растений, не типичных для региона, здесь представлена флора Европы, Кавказа, Средней Азии, Северной Америки и Дальнего Востока, Сибири, Китая, Японии. Это база научно-исследовательских работ по акклиматизации и селекции древесно-кустарниковых растений для Кировской области и окружающих ее областей. Открытие Дендропарка состоялось в 1967 г. Дендрологический парк состоит из 29 кварталов (рис. 1) с различной растительностью. Парк был спроектирован по классической схеме разбивки территории на кварталы тремя продольными главными аллеями: центральной – из лиственницы сибирской, северной – из липы мелколистной и южной – из чередующихся березы бородавчатой и рябины обыкновенной.

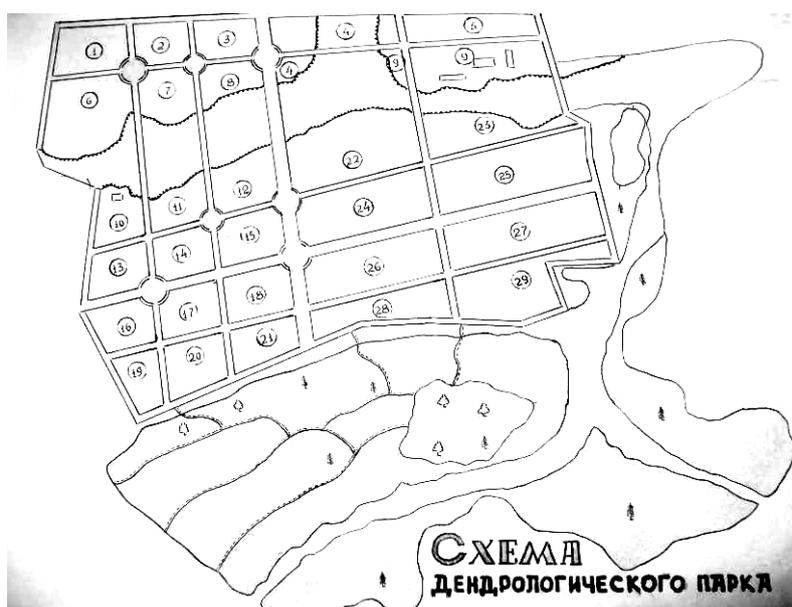


Рис. 1. Схема Дендрологического парка лесоводов Кировской области

Анализ искусственных насаждений Дендропарка проведен по систематическим, биоморфологическим, географическим показателям.

Систематический анализ искусственных насаждений Дендропарка выявил 102 вида растений, относящиеся к двум отделам *Gymnospermae* (голосеменные) и *Angiospermae* (покрытосеменные), включающим 22 семейства. Из них голосеменных – 15 (15% от общего числа) видов, покрытосеменных – 87 (85%).

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

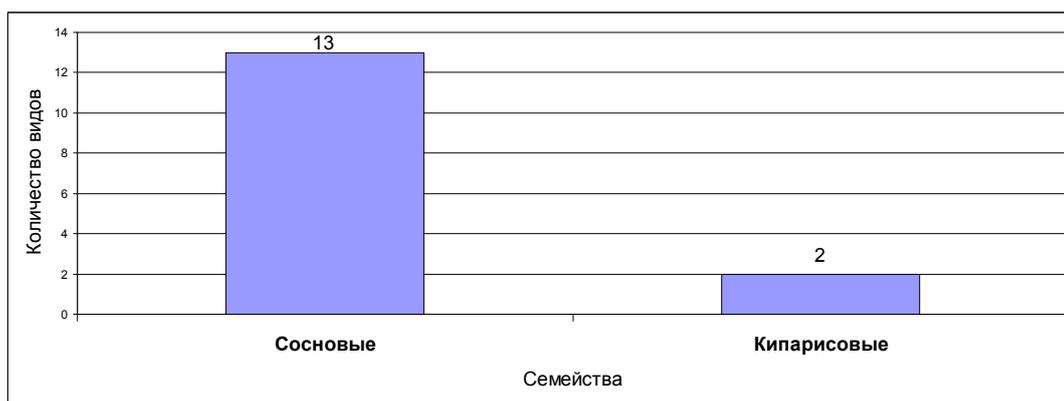


Рис. 2. Семейства голосеменных растений искусственных насаждений Дендрологического парка

Среди покрытосеменных растений преобладают двудольные – 20 семейств, которые включают 87 видов. Спектр ведущих семейств (рис. 3): Розоцветные (*Rosaceae*) – 25 видов (28%); Ивовые (*Salicaceae*) – 8 видов (9%); Барбарисовые (*Berberidaceae*) – 7 видов (8%); Жимолостные (*Caprifoliaceae*) – 6 видов (7%); Березовые (*Betulaceae*) – 5 видов (6%); Маслиновые (*Oleaceae*), Кленовые (*Aceraceae*), Буковые (*Fagaceae*) – по 4 вида (5%); Калиновые (*Viburnaceae*) и Вязовые (*Ulmaceae*) – по 3 вида (3%). По одному виду включают 12 семейств. Это семейства Лимонниковые (*Magnoliaceae*), Ореховые (*Juglandaceae*), Актинидиевые (*Actinidiaceae*), Липовые (*Tiliaceae*), Вязовые (*Ulmaceae*), Конскокаштановые (*Hippocastanaceae*), Кизилловые (*Cornaceae*), Рутовые (*Rutaceae*), Кленовые (*Aceraceae*), Древогубцевые (*Celastraceae*), Гортензиевые (*Hydrangeaceae*) и Калиновые (*Viburnaceae*).

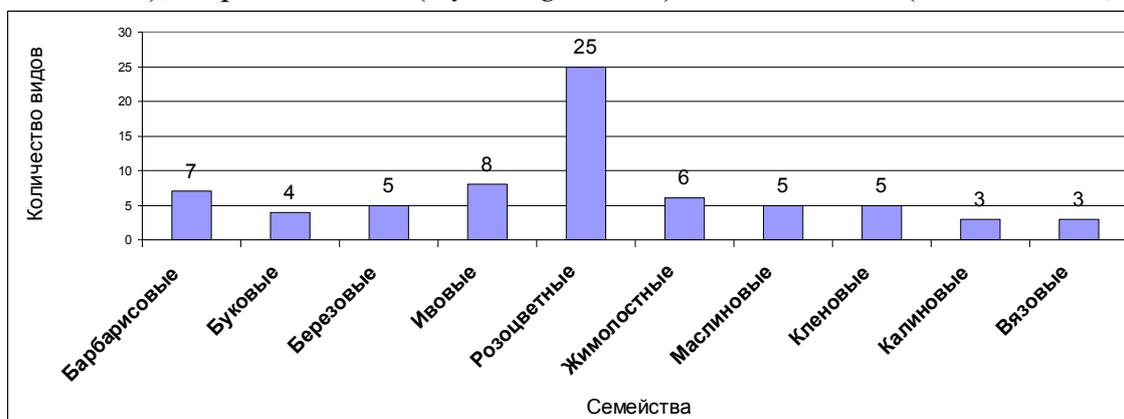


Рис. 3. Преобладающие семейства покрытосеменных растений искусственных насаждений Дендрологического парка

По количеству родов также лидирует семейство Розовые (*Rosaceae*) – 15. Многочисленны семейства Ивовые (*Salicaceae*), состоящие из 3 родов и Бобовые (*Leguminosae*) из 2 родов. По одному роду включают 7 семейств: Лимонниковые (*Magnoliaceae*), Актинидиевые (*Actinidiaceae*), Конскокаштановые (*Hippocastanaceae*), Кизилловые (*Cornaceae*), Рутовые (*Rutaceae*), Древогубцевые (*Celastraceae*), Гортензиевые (*Hydrangeaceae*).

По классификации жизненных форм И. Г. Серебрякова (1964) [3], флора включает (рис. 4) 58 видов (56,9%) деревьев, 42 вида кустарников (41,2%) и 2 вида лиан (1,9%).



Рис. 4. Жизненные формы растений искусственных насаждений Дендрологического парка

Географический анализ флоры искусственных насаждений Дендрологического парка показал преобладание видов, родиной которых является (рис. 5): Северная Америка – 22 вида (21%), Дальний Восток – 16 видов (16%), европейская часть России – 16 видов (16%), Средняя Азия – 8 видов (8%), Средняя Европа – 8 видов (8%), Сибирь – 8 видов (8%).

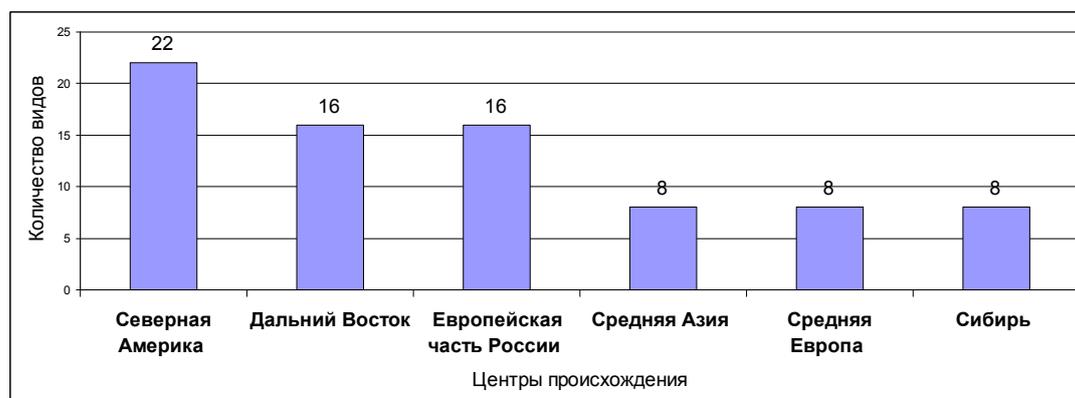


Рис. 5. Центры происхождения растений искусственных насаждений Дендрологического парка

Таким образом, среди растений искусственных насаждений преобладают по происхождению североамериканские виды и виды, типичные для европейской части России, что связано со схожестью природных условий на этих территориях с условиями Кировской области.

Декоративные деревья и кустарники флоры Дендрологического парка являются уникальными по происхождению, отличается богатством и разнообразием видов.

#### Литература

1. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2017 году: Региональный доклад / Под общей ред. А. В. Албеговой. Киров, 2018. С. 81.

2. Соловьев А. Н. Памятники природы города Кирова и его окрестностей. Изд. 2-е, доп. Киров, 2017. 136 с.

3. Серебряков И. Г. Жизненные формы растений и их изучение. М. – Л.. Наука, 1964. С. 146–208.

## О СОСТОЯНИИ ТОПОЛЕЙ В ОЗЕЛЕНЕНИИ г. КИРОВА

*Е. А. Домнина<sup>1,2</sup>, Н. П. Савиных<sup>1</sup>, Г. Н. Ходырев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, botany-vsu@yandex.ru*

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

Зеленые насаждения являются органической частью планировочной структуры современного города и выполняют в нем разнообразные функции. Эти функции можно подразделить на две большие группы: санитарно-гигиенические и декоративно-планировочные [1].

По официальным данным на каждого жителя города Кирова фактическое озеленение составило 9 м<sup>2</sup>, в то время как нормативное озеленение во всех жилых районах, микрорайонах составляет 6 м<sup>2</sup> на человека. По показателю обеспеченности зелеными насаждениями в расчете на одного жителя, Киров находится в первой двадцатке среди российских городов. Общая площадь этих озелененных территорий составляет 4 миллиона 702 тысячи м<sup>2</sup> [2].

Если верить этим цифрам, состояние зеленых насаждений нашего города вполне благополучно. Однако за этим скрываются серьезные проблемы. Основная проблема – старение деревьев. Тополя, которые были посажены много лет назад, на сегодня приобрели аварийный вид.

Осенью 2018 г. сотрудниками центра компетенций «Использование биологических ресурсов» была проведена оценка состояния тополей на придомовой территории многоквартирного дома по ул. Щорса, д. 38.

Цель работы: определить, какие из 10 тополей являются аварийными и подлежат вырубке.

Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) относится к роду тополь (*Populus* L.), семейству ивовые (*Salicaceae*). Родина его – леса Северной Америки.

Тополь может превышать 25 м в высоту и 1 м в диаметре. Живет 150–200 лет. Листья яйцевидные или яйцевидно-ланцетные, с постепенно заостренной верхушкой, по краю мелкозубчато-пильчатые, сверху темно-зеленые, блестящие, снизу беловатые; распускаются весной и отмирают осенью. В России широко применяют для озеленения [3].

Состояние дерева оценивали по следующим критериям:

- 1) расстояние до жилых построек, проезжей части, пешеходных зон, ЛЭП;
- 2) диаметр ствола на уровне 1,3 м;
- 3) высота дерева общая, до скелетных ветвей, до раздвоения;
- 4) возрастная группа;
- 5) наличие повреждений наружной и внутренней частей ствола,

- 6) визуальный осмотр и особенности биоморфологии, наличие наклона;  
7) категория состояния и жизнеспособности [4].

Расстояния измеряли с помощью дальномера лазерного Leica Disto A8; окружности с помощью строительной рулетки, высоты высотомером Nikon Forestry Pro, возраст дерева и наличие повреждений древесины определяли по кернам, изъятым из ствола буравом Пресслера. Результаты измерений приведены в таблице.

Таблица

### Результаты натурного обследования

№ п/п	Расстояние от дерева до			Диаметр ствола, см	Высота дерева, м		Возрастная группа
	жилых построек, м	края проезжей части улиц	ЛЭП		Общая	До скелетных ветвей	
1	5,2	5,3	5,3	57	22,5	9	>60
2	4,6	>5	–	54	20	10,6	>60
3	4,3	>5	–	54	23	7,2	>60
4	3,0	-	–	67	22,8	4,8	>60
5	4,0	>5	–	75	24,6	6,6	>60
6	3,2	>5	–	67	22,6	5,2	>60
7	3,2	>5	–	61	24	14,4	>60
8	3,2	>5	–	57	22,6	6	>60
9	3,5	8,5	8,5	83	23	7,6	>60
10	2,5	3,5	3,5	65	23,8	7,8	>60

Большая часть деревьев (9 из 10 обследованных) расположена на расстоянии менее 5 метров от жилого дома (от 2,5 до 4,6 м), что не соответствует нормативам [4]. Лишь одно дерево располагалось на расстоянии 5,2 м.

Расстояние от исследованных деревьев до проезжей части соответствует нормам (не меньше 2 м), однако ветви деревьев, произрастающих около дороги, нависают над тротуаром, краем проезжей части и проводами ЛЭП.

Диаметр ствола деревьев на высоте 1,3 м составлял от 54 до 83 см.

Высота деревьев от 20,0 до 24,6 м. Высота до скелетных ветвей – от 5,2 до 14,4 м. Два тополя имеют раздвоение ствола на высоте 1,3 и 2,3 м.

Все тополя принадлежат к одной возрастной группе – более 60 лет.

На двух деревьях обнаружены повреждения ствола: раны от сучьев, наплывы; так же встречаются отмершие ветви в кроне.

Оценка состояния древесины по кернам показала отсутствие гнили и грибковых поражений.

Определение категории состояния и жизнеспособности тополей проводили на основании нормативных документов и методических рекомендаций. К сожалению, в Кировской области отсутствуют разработанные методические рекомендации по оценке жизнеспособности деревьев и правила их отбора и назначения к вырубке, поэтому мы использовали соответствующие руководства, принятые для г. Москвы и г. Санкт-Петербурга [4].

Установлено, что 9 из 10 деревьев находились в удовлетворительном состоянии (условно здоровое с неравномерно развитой кроной, недостаточно облиственное, заболевания и повреждения вредителями могут быть, но они в начальной стадии, которые можно устранить, с наличием незначительных механических повреждений, не угрожающих их жизни) с категорией жизнеспособности – ослабленное (листва светлее обычного, крона слабоажурная, прирост ослаблен по сравнению с нормальным, в кроне менее 25% сухих ветвей; возможны признаки местного повреждения ствола и корневых лап, ветвей, механические повреждения, единичные водяные побеги).

Только один тополь – № 5 (табл.) – имел хорошее состояние (деревья здоровые, нормального развития, густо облиственные, окраска и величина листьев нормальные, заболеваний и повреждений вредителями нет, без механических повреждений) с категорией жизнеспособности – без признаков ослабления (листва или хвоя зеленые нормальных размеров, крона густая нормальной формы и развития, прирост текущего года нормальный для данного вида, возраста, условий произрастания деревьев и сезонного периода, повреждения вредителями и поражение болезнями единичны или отсутствуют).

На основании всех проведенных исследований деревья подразделили на две группы:

- аварийные по большинству критериев и рекомендуемые к сносу;
- аварийные по одному критерию – рекомендуемые к проведению защитных мероприятий.

Таким образом, по результатам оценки 10 тополей, расположенных на придомовой территории многоквартирного дома по ул. Щорса д. 38 рекомендовали к вырубке те, которые не соответствуют санитарным нормам их расположения по отношению к зданиям, проезжей части и ЛЭП и имеют отклонения в строении ствола и кроны. Это деревья № 1, 6, 7, 9, 10.

Проведение защитных мероприятий рекомендовали для тополей № 2, 3, 4, 5, 8. Эти деревья нужно обрезать ниже линии отхождения крупных скелетных ветвей. В этом случае они не будут представлять опасность для населения.

В г. Кирове большинство тополей имеют возраст более 60 лет и соответствующие категории состояния и жизнеспособности. В составе зеленых насаждений населенных пунктов из-за высокого расположения кроны, небольшого числа, но толстых хрупких ветвей в ней даже здоровые, зрелые генеративные растения тополей, несмотря на их высокую жизнеспособность, являются опасными.

Во избежание несчастных случаев мы настоятельно рекомендуем оценить состояние тополя бальзамического в областном центре и срочно принять меры по проведению защитных мероприятий.

#### Литература

1. Поршакова А. Н., Акимова М. С. Благоустройство и озеленение населенных пунктов: учеб. пособие. Пенза: ПГУАС, 2016. 156 с.

2. <https://gorodkirov.ru/content/article/administratsiya-goroda-zelenyih-nasazhdenij-v-gorode-hataet-20141204-0959>
3. Булыгин Н. Е., Ярмишко В. Т. Дендрология. СПб.: Паука, 2000. 528 с.
4. Постановление Правительства Москвы № 822-ПП от 30 сентября 2003 г. Х2822-ПП.
5. СП 42.13330.2011. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89.

## ВИДОВОЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «ВАСИЛЬКИ» г. КИРОВА

*Е. А. Татьянкина, Е. В. Рябова*

*Вятский государственный университет, ryapitschi@yandex.ru*

В настоящее время на территории города Кирова интенсивно происходит застройка. Благоустройство жилых комплексов и дворовых территорий – обязательное условие при сдаче дома. Более привлекательными для потенциальных покупателей квартир становятся те микрорайоны, которые стилистически связаны, находятся в удалении от городских центров, имеют вблизи лесной массив или парковую зону. Немаловажным значением является ландшафтный дизайн территории, наличие цветников, газонов. Среди застройщиков города Кирова интересным подходом к благоустройству жилых комплексов отличается ООО Специализированный застройщик «Железно». Среди управляющих компаний, занимающихся эксплуатацией и обслуживанием жилых домов – ООО Управляющая компания «Азбука Быта».

Цель нашего исследования – изучить флористический состав растений, применяемый для ландшафтного благоустройства жилого комплекса (ЖК) «Васильки», расположенного в Нововятском районе города Кирова вблизи микрорайона Радужный. С северной стороны ЖК «Васильки» окружен смешанным лесом, с другой стороны граничит с существующей коттеджной застройкой. Исследования проводили в период с 2018 по 2019 гг. маршрутными методами. Были изучены придомовые территории 4 домов.

На территории ЖК «Васильки» было выявлено произрастание 49 видов растений, относящихся к 39 родам, 26 семействам. Среди них преобладает семейство Розовые – 7 видов (21,2%), Сосновые – 6 видов (18,2%), семейство Сапиндовые и Ивовые образованы 3 видами, что составляет по 9,1%. Наиболее богатые видами семейства представлены в таблице.

Таблица

**Ведущие семейства ЖК «Васильки» г. Кирова**

№ п\п	Семейство	Число видов		Число родов	
		Абсол.	%	Абсол.	%
1	<i>Rosaceae</i> – Розовые	7	21,2	6	18,8
2	<i>Pinaceae</i> – Сосновые	6	18,2	3	9,4
3	<i>Sapindaceae</i> – Сапиндовые	3	9,1	1	3,1
4	<i>Salicaceae</i> – Ивовые	3	9,1	2	6,3

По числу родов на исследуемой территории преобладают семейства Розовые – 6 родов (18,8 %) и Сосновые – 3 рода (9,4 %).

В составе флоры насчитывается 18 монотипичных семейства. Это семейства Кизилловые, Виноградовые, Маслиновые, Мальвовые, Буковые и др.

Выявлены ранее не отмеченные, новые для флоры Кировской области [1] виды растений:

**Семейство *Sapindaceae* – Сапиндовые**

1. *Acer saccharinum* L. – Клен сахаристый (серебристый)

**Семейство *Vitaceae* – Виноградовые**

2. *Parthenocissus quinquefolia* Planch. – Виноград девичий пятилисточковый

**Семейство *Rosaceae* – Розовые**

3. *Spiraea japonica* L.f. – Спирея японская

4. *Spiraea ×vanhouttei* (Briot) Zabel. – Спирея Вангутта

5. *Sorbus quercifolia* L. – Рябина дуболистная

6. *Crataegus monogyna* Jacq. – Боярышник однопестичный

**Семейство *Pinaceae* – Сосновые**

7. *Larix decidua* Mill. – Лиственница европейская

8. *Pinus mugo* Mughus Turra – Сосна горная mughus

9. *Picea glauca* (Moench) Voss – Ель канадская

**Семейство *Cupressaceae* – Кипарисовые**

10. *Thuja occidentalis* L. – Туя западная

11. *Juniperus sabina* L. – Можжевельник казацкий

**Семейство *Fagaceae* – Буковые**

12. *Quercus rubra* L. – Дуб красный

**Семейство *Saxifragaceae* – Камнеломковые**

13. *Saxifraga ×arendsii* Engl. & Irmsch. – Камнеломка Арендса

**Семейство *Asteraceae* – Астровые**

14. *Chrysanthemum ×koreanum* hort. – Хризантема корейская

**Семейство *Hydrangeaceae* – Гортензиевые**

15. *Hydrangea paniculata* Siebold [*H. paniculata* Grandiflora; *H. paniculata* Vanille Fraise] – Гортензия метельчатая [сорт Грандифлора, Ванилла Фреиз]

16. *Philadelphus ×Lemoinei* L. – Чубушник Лемуана

Ассортимент древесно-кустарниковых растений, используемых в благоустройстве достаточно широк. Для создания благоприятных, комфортных условий в ЖК «Васильки» были применены различные типы озеленения территории. Размещение деревьев на участках микрорайона представлено одиночными (*Quercus rubra* L. – Дуб красный; *Acer platanoides* L. – Клен остролистный) и групповыми посадками (*Thuja occidentalis* 'Smaragd' D.T. Kvistgaard – Туя западная Смарагд; *Picea glauca* (Moench) Voss – Ель канадская). Среди кустарников наиболее распространены рядовые посадки (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. – Пузыреплодник калинолистный; *Philadelphus ×Lemoinei* L. – Чубушник Лемуана; *Cornus alba* L. – Дерен белый Эле-

гантиссима). Также присутствуют групповые посадки кустарников (*Spiraea japonica* 'Little Princess' – Спирея японская 'Little Princess'). Для украшения архитектурных форм жилого комплекса, например пергол, беседок, используют лианы (*Parthenocissus quinquefolia* Planch. – Виноград девичий пятилисточковый). Связующим элементом для всех частей озеленения является использование декоративного газона.

В связи с неприхотливостью посаженного растительного ассортимента, устойчивостью к природно-климатическим условиям Кировской области, должным уходом со стороны Управляющей компании и жителей города Кирова, эти виды растений смогут сформировать устойчивые экологические ниши в нашей местности.

#### Литература

1. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.

## СЕКЦИЯ 6 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ОСЛАБЛЕНИЯ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, ОКАЗЫВАЮЩИЙ НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭМБРИОГЕНЕЗ КУРИНЫХ

*М. С. Емельянова<sup>1</sup>, М. Г. Ломаева<sup>2</sup>, Г. В. Ломаев<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Ижевский государственный технический университет  
имени М. Т. Калашникова, Ems1988@mail.ru,*

*<sup>2</sup> Институт теоретической и экспериментальной биофизики  
Российской академии наук*

Глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды, жилья, рабочих мест в связи с внедрением во все сферы деятельности человека все новых и новых источников электромагнитных излучений (ЭМИ) разного вида и интенсивности, по мнению многих специалистов и исследователей, достигло катастрофического уровня. Например, обнаружены функциональные нарушения в центральной и периферической нервных системах (бессонница, снижение памяти, утомляемость, депрессии, двигательные расстройства), а также в сердечно-сосудистой системе (уменьшение интенсивности кровоснабжения). Воздействие ЭМИ, в частности, вызывает нарушение гематоэнцефалического барьера, баланса нейротрансмиттеров, цитологические нарушения в клетках мозга и как следствие – нейродегенеративные заболевания и опухоли мозга [1, 2]. Негативное воздействие ЭМИ особенно ярко проявляется на ранних стадиях развития живых биологических объектов и систем [3].

Наряду с активно исследуемыми полями (СВЧ, НЧ) и излучениями (оптические, рентгеновские) возрастает интерес к таким факторам, как вариации электрического и магнитного полей Земли, вращающиеся электрические и магнитные поля, в частности поля промышленной частоты (ПЧ). Очень важно в настоящее время стало изучение совместного воздействия нескольких ЭМИ на живые объекты.

Среди перечисленных ЭМИ лежат вариации геомагнитного поля. В течение ряда лет нами проводились измерения величины геомагнитного поля в квартирах, на заводах и в офисах различных организаций. В результате были обнаружены многочисленные магнитопатогенные зоны – зоны с искаженным геомагнитным полем [4]. Особую опасность представляют гипогомагнитные поля (ГГМП). Это подтверждено рядом биологических опытов, например [5].

Целью нашей работы было установление уровня влияния ГГМП на органы и ткани активно развивающегося организма. В качестве модели мы ис-

пользовали эмбрионы кур *Gallus gallus* кросса «Ломан Браун Классик» в условиях лабораторного инкубатора.

Эмбрионы кур *Gallus gallus* кросса «Ломан Браун Классик» были получены от ООО «Птицефабрика «Вараксина» (Удмуртская Республика, г. Ижевск). Развитие эмбрионов проходило в бытовых инкубаторах. Яйца были разделены на контрольную и опытные группы по 63 штуки в каждой. Инкубационный период контрольной группы проходил в естественном МП Земли, а трех опытных групп – в ГГМП. Во время инкубации опытных групп МП Земли было ослаблено в 2, 4, 6 раз с помощью специально созданной установки.

На 7, 11, 18 сутки развития эмбрионов осуществлялось взвешивание яиц и просвечивание на овоскопе. Забор крови для проведения клинического анализа проводился у 7-, 11-, 18-суточных эмбрионов и у вылупившихся суточных птенцов. Из вылупившихся птенцов в первые сутки случайным образом отбирались по 10 штук из контрольной и опытной групп для препарирования и проведения морфологических исследований.

На широте г. Ижевска МП Земли составляет 50 мкТл, а угол между горизонтом и вектором МП равен 73°. Для ослабления МП Земли использовались квадратные катушки Гельмгольца (КГ) с размером стороны квадрата 800 мм. Размер КГ определялся размерами инкубатора. Особенностью данного опыта является использование вместо трех пар только одной пары КГ. Одна грань КГ лежит в плоскости «север–юг», а ось КГ коллинеарна вектору МП Земли.

Более подробно установка и методология магнитобиологических опытов писана нами ранее [4, 5].

При проведении эксперимента было показано изменение массы органов эмбриона и яйца в целом, состава крови, морфологических и этологических показателей под действием ГГМП.

Нами было обнаружено, что в яйцах опытных групп: ГМП/2, ГМП/4, ГМП/6 масса желточного мешка значительно больше чем в контроле (на 11,8, 17,9 и 20,4% соответственно). Это свидетельствует о худшем потреблении питательных веществ и как следствие более медленном развитии эмбрионов. ГГМП оказало угнетающее воздействие и на развитие внутренних органов цыплят [4].

Патологоанатомическое исследование показало увеличение размеров сердца и печени во всех опытных группах относительно контрольной, а также воспаление печени, с серовато-белыми очажками некроза, переполнение желчного пузыря желчью, очаги некроза в сердце, легких, воспаление слизистой оболочки кишечника, недоразвитость фабрициевой сумки, перозис и воспаление суставной сумки.

В опытных группах наблюдается уменьшение референтного значения размера мышечного желудка. Фабрициева сумка у цыплят опытной группы недоразвита, мало дифференцирована на корковое и мозговое вещество, слабо выражена дольчатость.

Количество проклюнувшихся цыплят в опыте значительно меньше, чем в контроле. Морфология внешнего вида опытных групп описывается такими особенностями, как эмбриональная липкость оперения, воспаление коленного сустава, а этология – отсутствием первичных инстинктов.

Цыплята из контрольной группы отличаются высокой подвижностью, активной реакцией на звук, крепко и уверенно стоят на ногах уже через 6–7 часов после вылупления, имеют мягкий, подобранный животик без следов кровотечения от пуповины. Пух у контрольных цыплят становится мягким и ровным через 10 часов от момента вылупления, крылья плотно прижаты к туловищу. Здоровые цыплята легко учатся клевать.

За всеми живыми особями, оставшимися после исследований, проводится дальнейшее наблюдение на частном подворье.

Гематологические показатели крови эмбрионов контрольной группы находились в пределах физиологической нормы, а показатели крови эмбрионов в опытных группах значительно отличались от нее.

Исследования показали, что кровь эмбрионов изменяется в зависимости от величины магнитного поля Земли: чем эта величина меньше, тем ниже значение рассматриваемого параметра крови. Наиболее близкими к контрольным значениям является параметры крови эмбрионов, развивавшихся в МП, ослабленном относительно МП Земли в два раза (группа ГМП/2). Кровь эмбрионов из опытных групп ГМП/4, ГМП/6 (ослабление МП в 4 и 6 раз соответственно) характеризуется более худшими показателями рассматриваемых значений.

*Выводы.* 1. Гипогеомагнитное поле чрезвычайно важный негативный фактор эмбриогенеза.

2. Эффекты негативного влияния ГГМП на биологические объекты зависят от уровня ослабления МП Земли. Ослабленное МП угнетает онтогенез, начиная с самых ранних сроков развития, что отражается как на количественных, так и на качественных показателях жизнеспособности биообъекта.

3. Установлено, что ослабление МП Земли более чем в два раза является экологическим (паталогическим) уровнем, на котором становятся заметны морфологические и структурные изменения в эмбриогенезе эмбрионов *G. gallus*.

4. Морфологические и гематологические показатели эмбрионов *G. gallus* опытной группы с ослаблением поля в два раза относительно ГМП наиболее близки к контрольным.

#### Литература

1. Лукьянова С. Н., Карпикова Н. И., Григорьев О. А., Алексеева В. А. Кумуляция нейроэффектов повторных электромагнитных облучений нетепловой интенсивности // Радиационная биология. Радиоэкология. 2015. Т. 55. № 2. С. 169–179.

2. Петросян М. С., Нерсесова Л. С., Газарянц М. Г., Меликсетян Г. О., Малакян М. Г., Баджинян С. А., Акопян Ж. И. Действие низкоинтенсивного электромагнитного излучения с частотой 900 МГц на активности ферментов, участвующих в энергетическом обмене мозга крыс // Радиационная биология. Радиоэкология. 2015. Т. 55. № 6. С. 625–631.

3. Шибкова Д. З., Шилкова Т. В., Овчинникова А. В. Ранние и отдаленные эффекты влияния электромагнитного поля радиочастотного диапазона на репродуктивную функцию и морфофункциональное состояние потомства экспериментальных животных // Радиационная биология. Радиоэкология. 2015. Т. 55. № 5. С. 514–519.

4. Ломаев Г. В., Емельянова М. С. Влияние вариаций магнитного поля Земли на эмбриональное развитие *G. gallus* // Интеллектуальные системы в производстве. 2014. № 1 (23). С. 127–131.

5. Ломаев Г. В., Емельянова М. С., Соловьева А. С., Кочарян Я. Ю. Методика сокращения продолжительности магнитобиологических опытов в гипогеомагнитных полях с *G. gallus* // Интеллектуальные системы в производстве. 2015. № 2 (26). С. 102–106.

## ТОКСИЧНОСТЬ ЛАУРИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ ПО ДАННЫМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ НА РАЗНЫХ ТЕСТ-ОРГАНИЗМАХ

**О. А. Ботязова, К. Г. Смирнова**

*Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова,  
botyazh@bio.uniyar.ac.ru*

Актуальность разработки и совершенствования методов оценки состояния природных и трансформированных экосистем не ослабевает, несмотря на достаточно большое количество публикаций по этим вопросам. С появлением в химической промышленности огромного числа новых продуктов, зачастую оказывающих отрицательное воздействие на природные среды, особое значение приобретает выбор тест-организмов, наиболее подходящих для адекватной оценки влияния этих веществ на живые организмы [1].

Лаурилсульфат натрия (*sodium lauryl sulfate, SLS*, англ.) – анионное поверхностно-активное вещество, содержащееся во многих продуктах личной гигиены, включая мыло, шампуни и зубные пасты [2]. Лаурилсульфат натрия относят к наиболее опасным ПАВ по степени выраженности цитотоксического действия [3]. В связи с этим, оперативная оценка его токсичности на измененном и популяционно-ценотическом уровнях приобретает практическое значение.

Целью настоящей работы являлось исследование токсических свойств лаурилсульфата натрия с использованием разных тест-организмов.

В ходе исследования определяли:

1. Влияние лаурилсульфата натрия на численность *Scenedesmus quadricauda* и выживаемость *Paramecium caudatum*, *Ceriodaphnia affinis*, *Poecilia reticulata*.

2. Степень токсического влияния лаурилсульфата натрия на разные тест-организмы по критериям токсичности.

3. Сравнительный токсический эффект воздействия лаурилсульфата натрия на разные тест-организмы по средней летальной концентрации (ЛК<sub>50</sub>).

Изучение токсичности лаурилсульфата натрия проводили на тест-организмах, относящихся к разным систематическим уровням: одноклеточные зеленые водоросли – *S. quadricauda* (Turpin) Vrebbison, простейшие – ин-

фузория туфелька *P. caudatum* Ehrenberg, ветвистоусые рачки – *C. affinis* Lilljeborg, рыбы гуппи *P. reticulata* Peters.

Использовали стандартные методики, основанные на определении токсичности растворов веществ по изменению численности клеток водорослей [4], определении числа выживших линий инфузорий к исходному числу [5], установлении различия между количеством погибших цериодафний в анализируемой пробе и культивационной воде [6] и определении количества погибших рыб в анализируемой пробе и воде, которая не содержит токсических веществ [6].

Результаты сравнительного исследования токсичности лаурилсульфата натрия на разных тест-организмах показали, что значения медианных летальных концентраций (ЛК<sub>50</sub>) лаурилсульфата натрия, полученные при кратковременном биотестировании и путем расчетов, имеют существенные отличия для разных тест-объектов. На основании выявленных концентраций дана оценка степени токсичности лаурилсульфата натрия для организмов разного систематического уровня (табл.).

Таблица

**Медианные летальные концентрации лаурилсульфата натрия для разных тест-организмов**

Тест-объект	Значение ЛК <sub>50</sub> (мг/л)
<i>Poecilia reticulata</i>	1,3 (токсичен)
<i>Paramecium caudatum</i>	4 (токсичен)
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	4,8 (гипертоксичен)
<i>Ceriodaphnia affinis</i>	12,6 (очень токсичен)

Наиболее высокую токсичность лаурилсульфат натрия проявляет в отношении гуппи *P. reticulata*. Гибель рыб наступает при наименьшей медианной летальной концентрации по сравнению с ЛК<sub>50</sub> других тест-организмов. В течение первого часа биотестирования у рыб наблюдаются признаки негативного влияния токсиканта, проявляющиеся изменением поведенческих реакций: рыба заваливается на бок, плавает резкими рывками, пытается выпрыгнуть из воды. ЛК<sub>50</sub> лаурилсульфата натрия для гуппи составляет 1,3 мг/л, при этом 40% рыб погибает уже к концу первого часа опыта. Такой эффект можно объяснить наличием у рыб, как позвоночных животных, сложноустроенных систем органов и комплексным воздействием на них токсиканта. Рыба заглатывает воду, содержащую ПАВ, которые неблагоприятно действуют на различные системы организма. ПАВ способны менять поверхностное натяжение воды, создавать пленку на ее поверхности и тем самым затруднять растворение кислорода. Вследствие этого нарушается кислородный режим водоема, и у животных наблюдается явление гипоксии [7].

Снижение концентрации кислорода способствует усилению токсического эффекта многих поллютантов, находящихся в воде. Водорастворимые вещества преимущественно поступают через жабры и поверхность тела [8], повреждают эпителий жабр, оседая на них и нарушая процессы газообмена. При попадании на кожу ПАВ могут взаимодействовать с кератином, белками

и ферментами, что приводит к увеличению проницаемости клеточных и субклеточных мембран. ПАВ могут встраиваться в биологические мембраны и даже разрушать их [9]. Повреждение нервной системы вызывает нарушение процессов регуляции жизнедеятельности, что, вероятно, связано с высокой способностью ПАВ к межмолекулярному взаимодействию с липидами и белками. Смертельная концентрация ПАВ для многих рыб составляет 3–5 мг/л [7]. Наши исследования подтверждают, что *P. reticulata* очень чувствительны к действию лаурилсульфата натрия.

Сильный токсический эффект наблюдается также при воздействии раствора лаурилсульфата натрия на пресноводные одноклеточные зеленые водоросли *S. quadricauda* и инфузорий *P. caudatum*. Следует учитывать, что оба тест-организма являются одноклеточными, и токсическое влияние лаурилсульфата натрия проявляется непосредственно на уровне целого организма.

У инфузорий *P. caudatum* через 5 часов биотестирования наблюдаются признаки острого токсического отравления: угнетение активности или полная обездвиженность, деформация тела и даже разрыв клетки.

При воздействии лаурилсульфата натрия на водоросли *S. quadricauda* также наблюдается острый токсический эффект, что выражается в изменении количества клеток и их общей численности. Особенно важно отметить появление более крупных ценобиев, состоящих из 20–24 клеток и более, что является прямым признаком токсического влияния внешней среды на данный организм. Следует указать, что средняя летальная концентрация раствора лаурилсульфата натрия ( $ЛК_{50}$ ) для одноклеточной зеленой водоросли *S. quadricauda* несколько выше, чем у инфузорий *P. caudatum*. Вероятно, это связано с наличием у *S. quadricauda* дополнительного барьера – внешней клеточной стенки, препятствующей поступлению детергентов в клетку, тогда как *P. caudatum* имеет только тонкую мембрану. Поллютанты, содержащиеся во внешней среде, способны оседать в наружных покровах растений, а взвешенные в воде токсические вещества могут поступать через органы питания простейших, что может оказывать непосредственное токсическое влияние на организм [8].

Наименее чувствительными к токсическому воздействию лаурилсульфата натрия организмами в группе исследованных тест-объектов являются ветвистоусые рачки *C. affinis*. Медианная летальная концентрация составляет 12,6 мг/л. Возможно, относительно низкая чувствительность цериодафний связана с тем, что, с одной стороны, эти беспозвоночные организмы являются менее сложноустроенными по сравнению с позвоночными животными. С другой стороны, они менее уязвимы, чем одноклеточные водоросли или инфузории, так как рачки имеют дополнительную защиту в виде хитиновой кутикулы. Установлено, что дафнии способны накапливать ПАВ, особенно активно через поверхность антенн и чувствительны к ним. Под влиянием алкилсульфатов и алкилсульфонатов гибель дафний наступает при концентрации выше 10 мг/л. На размножение, прибавку биомассы и рост дафний эти вещества влияют в концентрации 0,5 мг/л [7, 9]. Данные некоторых исследо-

ваний показывают, что самыми чувствительными организмами к ПАВ являются простейшие, в то время как ракообразные проявляют наименьшую чувствительность [10].

На основании проведенного исследования сделаны выводы:

1. Значения медианных летальных концентраций, установленные в результате кратковременного биотестирования раствора лаурилсульфат натрия, отличаются для разных тест-организмов.

2. Лаурилсульфат натрия для *P. caudatum*, *P. reticulata* – токсичен, *C. affinis* – очень токсичен (у всех тест-объектов вызывает гибель  $\geq 50\%$ ), для *S. quadricauda* – гипертоксичен (снижение численности на 50% при концентрации 4,8 мг/л).

3. Токсичность лаурилсульфата натрия при средней летальной концентрации ЛК<sub>50</sub> возрастает в ряду тест-организмов: *C. affinis* < *S. quadricauda* < *P. caudatum* < *P. reticulata*.

#### Литература

1. Черкашин, С. А. Биотестирование: терминология, задачи, основные требования и применение в рыбохозяйственной токсикологии / С. А. Черкашин // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. 2001. Т. 128. С. 1021–1035.

2. Остроумов, С. А. Взаимодействие загрязняющих воду веществ с макрофитами: метод определения допустимых нагрузок / С. А. Остроумов, Е. А. Соломонова // Вода: химия и экология. 2012. № 10. С. 53–60.

3. Mount, D. I. A seven-day life-cycle cladoceran toxicity test / D. I. Mount, T. J. Norberg // Environ. Toxicol. Chem. 1984. V. 3. P. 425–434.

4. ГОСТ Р 54496–2011 (ИСО 8692:2004) Вода. Определение токсичности с использованием зеленых пресноводных одноклеточных водорослей. М.: Изд-во стандартов, 2012. 54 с.

5. Методические рекомендации по установлению предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М.: ВНИРО, 1988. С. 31–34.

6. Методическое руководство по биотестированию воды: РД 118-0290 / Под ред. А. Н. Крайнюковой. М., 1991. 48 с.

7. Можаяев, Е. А. Загрязнение водоемов поверхностно-активными веществами / Е. А. Можаяев. М.: Медицина, 1976. 96 с.

8. Филенко, О. Ф. Влияние токсических агентов на общебиологические и цитогенетические показатели у дафний / О. Ф. Филенко, В. В. Лазарева // Гидробиологический журнал. 1989. Вып. 3. С. 56–60.

9. Волощенко, О. И. Гигиена и токсикология бытовых химических веществ / О. И. Волощенко, И. А. Медяник. Киев: Здоров'я, 1983. 144 с.

10. Moriarty P. Ecotoxicology. N. Y.: Academic Press, 1993. 289 p.

## ОРНИТОФАУНА ПАРКОВ г. КИРОВА

*В. А. Бабина, О. В. Масленникова*

*ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,  
svetlanka.babina@mail.ru, olgamaslen@yandex.ru*

В условиях трансформации городских экосистем под строительство новых микрорайонов, дорог, промышленных предприятий сокращаются парковые зоны. Данные территории необходимы не только для человека, но и для животных, обитающих в урболандшафтах. Зачастую парки – это последние небольшие участки древесной растительности в городской среде, где птицы могут испытывать меньшее беспокойство от антропогенного воздействия и выращивать потомство. В парках чаще всего наблюдается большее видовое разнообразие птиц, чем в жилых кварталах и промышленных районах городов. Изменения в их составе будут свидетельствовать об изменениях в структуре орнитофауны всего города. Именно поэтому необходимо вести мониторинг видового разнообразия орнитофаун городских парков.

Исследования проводились на территории двух парков и двух лесопарков, расположенных в разных частях города Кирова: парк имени С. М. Кирова (центральная часть города, Ленинский район), Гагаринский парк (центральная часть города, Первомайский район), Дендрологический парк лесоводов Кировской области (южная часть города, Нововятский район) и Порошинский лесопарк (восточная часть города, в окрестностях села Порошино). На этих территориях проложены постоянные учетные маршруты, длиной 2,2 км в парке им. Кирова, 1,4 км – Гагаринский парк, 4,3 км в Дендропарке и в Порошинском лесопарке – 5,7 км. Каждый маршрут был пройден по 5 раз за период наблюдений.

Исследование видового состава орнитофаун парков г. Кирова проводилось с 03.08 по 30.10.2018 г. Использовалась методика маршрутного учета без ограничения полосы обнаружения с расчетом плотности населения по средним дальностям обнаружения птиц [1]. Маршрутные учеты птиц проводились в период летних послегнездовых кочевок (вторая половина лета) и период осенних миграций (время осеннего пролета перелетных и предзимних кочевок у оседлых и кочующих видов) [2].

По данным В. Н. Сотникова в г. Кирове и Кировской области встречается 312 видов птиц, принадлежащих к 21 отряду [3]. По последним данным А. Н. Соловьева [4] приводится информация об обитании на территории Кирова около 100 видов птиц. За период наблюдений в парках г. Кирова нами учтено 7240 птиц, принадлежащих к 44 видам, что соответствует 14% видового состава орнитофауны Кировской области [3] и 50% видов, встреченных нами в городе и окрестностях [5].

Птицы принадлежали к 6 отрядам: гусеобразные (Anseriformes) – 2 вида, соколообразные (Falconiformes) – 3 вида, ржанкообразные (Charadriiformes) – 3 вида, голубеобразные (Columbiformes) – 1 вид, дятлообразные

(Piciformes) – 3 вида и воробьинообразные (Passeriformes) – 32 вида. На рисунке 1 представлено общее количество видов, встреченных на каждом маршруте за время исследований.



Рис. 1. Общее количество видов птиц, зарегистрированное в парках

Рассмотрим краткую характеристику орнитофаун каждого парка. В парке имени Кирова встречено 17 видов птиц, принадлежащих к 4 отрядам. В парке выявлено два типа местообитаний разных видов птиц: около прудов встречаются птицы, которых практически постоянно подкармливают горожане – кряква (*Anas platyrhynchos*), домовая (*Passer domesticus*) и полевая воробьи (*Passer montanus*), сизый голубь (*Columba livia*) и галка (*Corvus monedula*). В глубине парка обитают скрытные, пугливые, в основном насекомоядные, птицы – серая мухоловка (*Muscicapa striata*), белая трясогузка (*Motacilla alba*) и другие воробьинообразные.

Почти 60% всех встреченных птиц являются представителями одного вида – кряква (*A. platyrhynchos*), причем ее численность за 3-месячный период наблюдений возросла почти в 5 раз (с 260 особей в середине августа до 1262 особей в конце октября). Такое значительное изменение численности связано с тем, что уже на протяжении нескольких десятилетий кряквы зимуют в городе, в том числе и на прудах парка имени Кирова. Таким образом, доминантом в парке является кряква, а субдоминант – сизый голубь (25%). К концу наших наблюдений видовое разнообразие парка сократилось более чем в 2 раза (с 17 до 7 видов). В октябре учтены типичные для Кирова синантропные виды.

На территории Гагаринского парка зарегистрировано 13 видов птиц из отряда воробьинообразные и 1 вид голубинообразных – сизый голубь (*C. livia*), который является доминирующим по численности видом – 63,2%, субдоминанты: серая ворона (*Corvus cornix*) – 14,4%, домовая и полевая воробьи – 13,65%. Большая часть птиц встречалась на площади у филармонии, где осуществляется их подкормка. Только в Гагаринском парке была встречена ласточка (*Riparia* sp.), что указывает на близость парка к р. Вятке.

В середине августа на маршруте был зарегистрирован птенец обыкновенной горихвостки (*Phoenicurus phoenicurus*), позже птицы этого вида в пар-

ке не наблюдались. В середине сентября учеты были проведены сразу после заката, выявлено всего 4 вида птиц из 3 отрядов. Данный факт подтверждает необходимость проводить учеты в светлый период суток.

На маршруте в Дендрологическом парке зарегистрировано 24 вида птиц из 5 отрядов. Наибольшее количество птиц во время наблюдений встречалось у родника, ручьев, кормушек и по окраинам парка вдали от центральных аллей, где меньшее количество посетителей. В качестве доминирующего вида в Дендропарке можно выделить рябинника (*Turdus pilaris*) – 37,4% от числа зарегистрированных птиц, субдоминантами парка являются буроголовая гаичка (*Parus montanus*) – 25,7% и кряква (*A. platyrhynchos*) – 11,4%.

В августе во время учетов в Дендропарке встречены птенцы перепелятника (*Accipiter nisus*), белобровика (*Turdus iliacus*) и зяблика (*Fringilla coelebs*). Кроме того, во время наблюдений были обнаружены гнезда сорок (*Pica pica*), дроздов (*Turdidae*) и серой вороны (*Corvus cornix*).

В конце октября наблюдалось изменение орнитофауны лесопарка. На учетах была зарегистрирована стайка кочующих ополовников (*Aegithalos caudatus*). Также наблюдалась стая из более 250-ти мигрирующих рябинников. Не наблюдались на маршруте зяблики, чижи (*Spinus spinus*) и зеленушки (*Carduelis chloris*), основная волна которых улетает из окрестностей Кирова до середины октября

Во время учетов в Порошинском лесопарке зарегистрировано 27 видов птиц из 4 отрядов. Наибольшие скопления птиц наблюдались на небольших вырубках или по их окраинам, в кронах деревьев на небольшом удалении от троп. На учетах доминирующим видом Порошинского лесопарка являлась буроголовая гаичка (39%), субдоминанты – рябинник (16,9%) и большая синица (*Parus major*) (10,9%).

На маршруте в Порошинском лесопарке встречены птенцы пеночек (*Phylloscopus sp.*) и зарянок (*Erithacus rubecula*), причем последние не боялись человека и сидели на расстоянии около 1,5–2 метров от него. В конце октября на маршруте наблюдались кочующие виды – московка (*Parus ater*) и свиристель (*Bombycilla garrulus*), в то же время не отмечены такие обычные для этих мест виды, как рябинники, зарянки, зяблики, зеленушки, чижи и грачи (*Corvus frugilegus*), что свидетельствует о том, что данные виды к концу периода наших наблюдений улетели на зимовку.

На маршрутах во всех парках отмечено 7 видов птиц: сизый голубь, большая синица, зяблик, полевой воробей, буроголовая гаичка, обыкновенный снегирь (*Pyrrhula pyrrhula*) и серая ворона. Эти виды относятся к двум экологическим группам птиц: лесные и синантропные виды. Количество учтенных особей сизых голубей, серых ворон больше в парках центральной части города, а остальных видов, напротив, больше в лесопарках на окраинах. Более 35% всех встреченных на маршрутах птиц принадлежат к одному виду – кряква. Представители отряда соколообразные – черный коршун (*Milvus migrans*), обыкновенный канюк обыкновенный канюк (*Buteo buteo*) и перепелятник (*Accipiter nisus*) – встречались только в лесопарках, также как и дятло-

образные – большой пестрый дятел (*Dendrocopos major*) и трехпалый дятел (*Picoides tridactylus*), что может быть связано с меньшим фактором беспокойства на окраинах города. Отряд ржанкообразные – сизая чайка (*Larus canus*), озерная чайка (*Chroicocephalus ridibundus*) и речная крачка (*Sterna hirundo*) – встречался только на прудах в парке имени С. М. Кирова и только в середине августа. Домовые воробьи были встречены только в парках в центральной части Кирова, иногда в смешанных стаях с полевыми воробьями.

Выявлена зависимость между площадью парка и количеством зарегистрированных в нем птиц: наименьшее видовое разнообразие и площадь характерна для Гагаринского парка, а наибольшая территория и количество видов – в Порошинском лесопарке. Вероятнее всего это связано с разным количеством экологических ниш, представленных в границах парков.

Для сравнительного анализа сходства орнитофаун четырех парков использованы два экологических индекса: индекс Жаккара и индекс Сьеренсена, значения которых представлены в таблице.

Таблица

**Сравнение орнитофаун парков с помощью экологических индексов  
Жаккара и Сьеренсена**

	Парк имени Кирова	Гагаринский парк	Дендропарк	Порошинский лесопарк
Парк имени Кирова	1	40,9% и 0,581	36,7% и 0,537	25,7% и 0,409
Гагаринский парк	-	1	35,7% и 0,526	32,3% и 0,488
Дендропарк	-	-	1	37,8% и 0,549
Порошинский лесопарк	-	-	-	1

Полученные данные свидетельствуют о невысокой схожести орнитофаун исследуемых парков – от 25,7% до 40,9% по индексам Жаккара и большей схожести по коэффициенту Сьеренсена – от 0,409 до 0,581. Это может быть связано с различиями в площади парков, удаленности от городских построек, количестве посетителей и степенью беспокойства птиц, также может быть связано с различиями в фитоценозах и кормовой базе.

За период наблюдений в парках г. Кирова было учтено 7240 птиц, принадлежащих к 44 видам из 6 отрядов, что соответствует 14% видового состава Кировской области и 50% видов, встреченных нами в городе и окрестностях. Наиболее многочисленным является отряд воробьинообразные (32 вида). В городских парках зарегистрировано от 14 до 17 видов птиц, а в лесопарковых зонах – от 24 до 27 видов.

На маршрутах во всех парках отмечено 7 видов птиц: сизый голубь, большая синица, зяблик, полевой воробей, буроголовая гаичка, обыкновенный снегирь и серая ворона. Количество учтенных особей сизых голубей, серых ворон больше в парках центральной части города, а остальных видов, напротив, больше в лесопарках на окраинах. Более 35% всех встреченных на маршрутах птиц принадлежат к одному виду – кряква. При сравнении орнитофаун парков с помощью экологических индексов выявлена невысокая сте-

пень их сходства, наибольшее сходство у парка имени С. М. Кирова и Гагаринского парка, а наименьшее – у парка имени С. М. Кирова и Порошинского лесопарка.

#### Литература

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. Романов В. В., Мальцев И. В. Методы исследований экологии наземных позвоночных животных: количественные учеты: учебное пособие. Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета, 2005. 79 с.
3. Сотников В. Н. Аннотированный список позвоночных животных Кировской области. Киров: ООО «Триада плюс», 2018. 59 с.
4. Соловьёв А. Н. Памятники природы города Кирова и его окрестностей. Киров: АиСАН, 2017. 136 с.
5. Бабина В. А., Борняков Г. А., Масленникова О. В. Орнитофауна города Кирова и его окрестностей в летне-осенний период // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. (г. Киров, 3–5 декабря 2018г.). Киров: ВятГУ, 2018. С.202–206.

### ОРНИТОФАУНА ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «ЗАРЕЧНЫЙ ПАРК» г. КИРОВА

*Г. А. Борняков, О. В. Масленникова*

*ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,  
grishab9999@mail.ru, olgamaslen@yandex.ru*

Особо охраняемая природная территория (ООПТ) «Заречный парк» является памятником природы регионального значения. Поскольку данный памятник природы расположен на урботерритории, он имеет особую ценность для сохранения видового разнообразия экосистемы, экологического образования и эстетического удовлетворения людей, проживающих в городе Кирове.

Разнообразие видового состава орнитофауны свидетельствует о качестве и устойчивости экосистемы. Птицы являются хорошими биоиндикаторными объектами, как самая заметная, многочисленная и наиболее мобильная группа позвоночных животных, они быстро реагируют на изменение экосистемы, в частности, вызванные антропогенным воздействием.

Население птиц данной территории практически не изучалось, есть лишь количественная характеристика орнитофауны парка [1], сделанная более 15 лет назад. За этот период в орнитофауне памятника природы произошли изменения. Поэтому актуальность современных исследований населения птиц данной особо охраняемой природной территории не вызывает сомнения.

Исследование орнитофауны ООПТ «Заречный парк» проводилось с 9 августа до 28 октября 2018 г. Учеты проводились в период летних послегнездовых кочевок (вторая половина лета) и начала периода осенних миграций

– время осеннего пролета перелетных и предзимних кочевок у оседлых и кочующих видов [2].

На территории ООПТ «Заречный парк» и ближайших его территориях было заложено 2 маршрута, длина которых составила 4,08 и 6,47 км. На первом маршруте было проведено 5 наблюдений, а на втором 4. Общая протяженность пройденных маршрутов составила более 46 км.

Учеты проводились в утренние и вечерние часы. Была использована методика маршрутного учета птиц без ограничения полосы обнаружения с расчетом плотности населения птиц по средним дальностям их обнаружения для птиц лесных экотопов [3] и методика наземных учетов водоплавающих птиц для околотовных птиц [4].

Орнитофауна ООПТ «Заречный парк» по данным А. Н. Соловьёва составляет 27 видов птиц, относящихся к 9 отрядам [1].

За время наблюдения в Заречном парке было зарегистрировано 3642 особи 55 видов птиц. Ученные птицы принадлежат к 8 отрядам: поганкообразных (Podicipitiformes) – 1 вид, аистообразных (Ciconiiformes) – 2 вида, гусеобразных (Anseriformes) – 8 видов, соколообразных (Falconiformes) – 5 видов, журавлеобразных (Gruiformes) – 1 вид, ржанкообразных (Charadriiformes) – 3 вида, дятлообразных (Piciformes) – 4 вида и воробьинообразных (Passeriformes) – 31 вид. Процентное соотношение распределения видов птиц по отрядам отражено на рисунке 1.

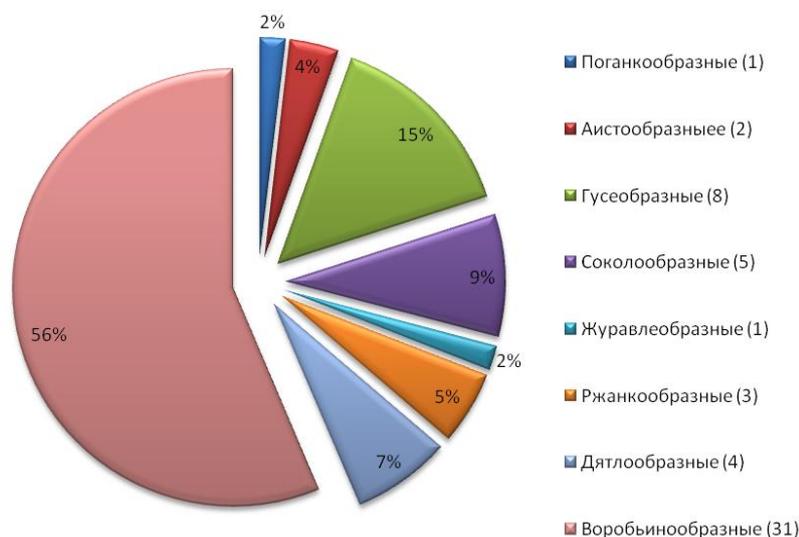


Рис. 1. Распределение видов птиц по отрядам в ООПТ «Заречный парк»

При сравнении наших данных с исследованиями А. Н. Соловьёва [1] следует, что видовой состав населения птиц данного памятника природы увеличился на 28 видов, т.е. более чем наполовину. К тому же наши данные, по видимому, не отражают истинного видового состава птиц данного парка, т.к. не все группы птиц, особенно ведущие скрытый образ жизни, были учтены. Особенно это касается отряда ржанкообразных. Для полного учета видового разнообразия птиц этого памятника природы необходимо провести весенне-

летние учеты, чтобы завершить годовой цикл. Небольшой видовой состав орнитофауны, отмеченный в Заречном парке 15 лет назад, по-видимому, связан с недостаточным количеством исследований. Нельзя отрицать, что наличие водных источников, большое разнообразие биотопов, хорошие защитные условия привлекают сюда новые виды птиц, ранее не встречавшиеся в Кировской области, хотя они и находятся в непосредственной близости с техногенным ландшафтом.

В ООПТ «Заречный парк» был выявлен доминирующий вид – дрозд рябинник (*Turdus pilaris*) – 17,9% от всех встреченных птиц и субдоминирующий – буроголовая гаичка, или пухляк (*Parus montanus*) – 12,1%.

Несколько видов встречались во время всех наблюдений: кряква (*Anas platyrhynchos*), хохлатая чернеть (*Aythya fuligula*), буроголовая гаичка (*P. montanus*) и большая синица (*Parus major*), что связано с общей многочисленностью данных видов в типичных для них биотопах, где проводились наблюдения.

За время учетов в ООПТ «Заречный парк» мы наблюдали 4 вида птиц, занесенных в Красную книгу Кировской области [5]: большая поганка, или чомга (*Podiceps cristatus*), лебедь-кликун (*Cygnus cygnus*), большая выпь (*Botaurus stellaris*), болотный лунь (*Circus aeruginosus*). Кроме того, мы зарегистрировали один вид, который В.Н. Сотников [6] относит к категории редких на территории Кировской области – синьга (*Melanitta nigra*), а так же шесть других немногочисленных видов для Кировской области: луток (*Mergus albellus*), ястреб тетеревятник (*Accipiter gentilis*), лысуха (*Fulica atra*), хохлатая синица (*Parus cristatus*), обыкновенный поползень (*Sitta europaea*), щур (*Pinicola enucleator*).

Единожды мы наблюдали лебедя-кликуна (*C. cygnus*), большую выпь (*B. stellaris*), лутка (*M. albellus*) и синьгу (*M. nigra*) (09.08.2018, 14.10.2018, 21.10.2018, 28.10.2018 гг. соответственно). Встречаемость чомги (*Podiceps cristatus*) составила – 77,8%. На водоемах ООПТ «Заречный парк», в течение всего гнездового периода чомги, неоднократно были встречены выводки этого вида разных возрастов, что свидетельствует о благоприятных условиях для размножения этого вида в исследуемых биотопах.

Наблюдали 2 особи взрослых болотных луней обоих полов во время их гнездового периода (09.08.2018), что дает основание предположить, что в ООПТ «Заречный парк» гнездится пара этих краснокнижных для Кировской области птиц.

За период наблюдений в ООПТ «Заречный парк» выявлено 55 видов птиц, принадлежащих к 8 отрядам и 21 семейству. Доминирующим видом является дрозд рябинник (*T. pilaris*) – 17,9%, а субдоминантным видом – буроголовая гаичка (*P. montanus*) – 12,1%. Зарегистрировано 4 вида птиц, занесенных в Красную книгу Кировской области: большая поганка, или чомга (*P. cristatus*), лебедь-кликун (*C. cygnus*), большая выпь (*B. stellaris*), болотный лунь (*C. aeruginosus*). Один вид – синьга (*M. nigra*) является редким для Кировской области и шесть видов относятся к категории немногочисленных: лу-

ток (*Mergus albellus*), ястреб тетеревятник (*Accipiter gentilis*), лысуха (*Fulica atra*), хохлатая синица (*Parus cristatus*), обыкновенный поползень (*Sitta europaea*), щур (*Pinicola enucleator*). Встречаемость чомги на водоемах Заречного парка составляет 77,8%, наличие выводков свидетельствует о благоприятных условиях для размножения этого краснокнижного вида в исследуемых биотопах.

#### Литература

1. Соловьев А. Н. Население птиц г. Кирова // Животные в антропогенном ландшафте: Материалы I междунар. науч.-практ. конф. Астрахань: Изд-во АГУ, 2003. С. 55–59.
2. Романов В. В., Мальцев И. В. Методы исследований экологии наземных позвоночных животных: количественные учеты: учеб. пособие. Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2005. 79 с.
3. Равкин Ю. С., Доброхотов Б. П. К методике учета птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М., 1963. С. 130–136.
4. Simon Delany Guidance on waterbird monitoring methodology: Field Protocol for waterbird counting // Wetlands International. 2010. 25 p.
5. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой, Е. П. Лачохи, В. М. Рябова, В. Н. Сотникова, Е. М. Тарасовой, Л. Г. Целищевой. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.
6. Сотников В. Н. Аннотированный список позвоночных животных Кировской области. Киров: ООО «Триада плюс», 2018. 59 с.

### ХАРАКТЕРИСТИКА СИНАНТРОПНОГО ОЧАГА ТРИХИНЕЛЛЕЗА НА ТЕРРИТОРИИ ПРИБРЕЖНЫХ ПОСЕЛКОВ ЧУКОТСКОГО ПОЛУОСТРОВА

*Л. А. Букина*

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
l.bukina5@gmail.com*

Возбудители болезней, поражавшие предков человека и животных, существовали задолго до появления человека на Земле. В процессе эволюции происходило приспособление их к паразитическому образу жизни и к тем формам взаимоотношений между сочленами биоценоза, которые обеспечивали паразиту смену его хозяев в течение жизненного цикла [1]. Среди современных гельминтов имеются формы с узкой специализацией к антропогенной среде, вне которой они уже не могут существовать, другие, напротив, адаптированы к природным хозяевам и наконец, есть виды гельминтов способных завершать свой жизненный цикл как в дикой природе, так и антропогенной среде. К последней форме относится узкоспециализированный биогельминт трихинелла.

В настоящее время принято выделять три формы очаговости трихинеллеза: природные, синантропные и смешанные очаги, которые могут существовать в одной местности параллельно. Каждой из названных форм свойст-

венны определенные виды возбудителей, облигатные хозяева последних, циркуляция трихинелл в определенных биоценозах и то или иное эпизоотологическое значение [2]. На территории Чукотского полуострова трихинеллез протекает в форме природно-синантропной очаговости.

В настоящем сообщении остановимся на характеристике синантропного очага трихинеллеза, представляющего наибольшее эпидемиологическое значение в условиях традиционного природопользования.

Сбор биологического материала осуществлялся на территории прибрежных поселков Чукотского автономного округа (ЧАО). Объектами настоящей работы были представители отряда хищных (Carnivora) следующих семейств: псовые (Canidae), кошачьи (Felidae), медвежьи (Ursidae) моржовые (Odobenidae), настоящие тюленевые (Phocidae) и отряда грызуны (Rodentia). Выявление личинок из мышечной ткани плотоядных животных проводили компрессорной трихинеллоскопией и перевариванием мышечной ткани в искусственном желудочном соке (ИЖС) с помощью аппарата для выделения личинок трихинелл «Гастрос». Определяли экстенсивность инвазии (ЭИ) и интенсивность инвазии (ИИ).

Анализ полученных данных показал, что на территории Чукотского полуострова синантропный очаг трихинеллеза имеет сложную эколого-функциональную структуру и характеризуется широким спектром видов-хозяев. Ведущими экологическими звеньями, участвующим в реализации жизненного цикла трихинелл являются: собаки домашние *Canis familiaris* (ездовая и бродячая), кошка *Felis catus* (одичавшие домашние кошки), песец белый *Alopex lagopus* (звери клеточного содержания). Зараженность личинками трихинелл домашних животных и зверей клеточного содержания по различным видам животных колеблется от 67,5% до 90,9%.

Источником инвазии являются продукция морского зверобойного и наземного промыслов коренного населения. Экстенсивность трихинеллезной инвазии морских млекопитающих составила от 0,9% до 4,3 %, наземных плотоядных от 60% до 100% [3].

Проведенные исследования показали, что в формировании и поддержании синантропного очага на территории прибрежных населенных пунктов важную роль играют домашние собаки (бродячие и ездовые), которые осуществляют постоянную циркуляцию трихинелл как внутри очага, так и вне его. Бродячие собаки питаются на разделочных площадках мясом морского зверя, на свалках – тушками пушных зверей, оставленных охотниками, на морских побережьях выбросами моря. Из этого следует, что они чаще и интенсивнее могут заразиться трихинеллами, чем ездовые собаки, которых владельцы большей частью держат на привязи и кормят той пищей, которую употребляют сами. Поэтому роль ездовых собак в циркуляции трихинелл по сравнению с бродячими менее значительна. Передачу трихинелл с участием бродячих собак внутри синантропного очага можно представить по следующим схемам: морской зверь → собака, морской зверь → собака → человек, морской зверь → собака → собака, морской зверь → собака → песец, морской зверь

→ собака → микромаммалии, также возможна обратная передача морской зверь → собака → морской зверь, собака ↔ собака. Пути передачи трихинелл между природным и синантропным биоценозом возможны по следующим схемам: микромаммалии → собака → собака (кошка, микромаммалии), туши, туши наземных и морских млекопитающих → собака → собака (кошка, микромаммалии), северный олень → собака → собака (кошка, микромаммалии).

Рассматривая структурно звероферму, как одно из звеньев синантропного очага, мы можем проследить циркуляцию инвазии внутри очага по следующим схемам: морской зверь → песец → песец, морской зверь → песец → собака (кошка), морской зверь → песец → крысы (мыши, полевки, бурозубки), и в отдельных случаях возможна обратная передача морской зверь → песец → морской зверь. Следовательно, территория зверофермы это своеобразный микроочаг инвазии, от которого различными путями происходит иррадиация трихинелл. В последние 15 лет песцов клеточного содержания кормят исключительно мясом морских млекопитающих, в связи с этим молодняк зверей можно считать индикаторами инвазии.

Существенное значение для поддержания синантропного очага имеет косвенное воздействие человека, связанное с изменением среды обитания диких животных путем привлечения их доступностью кормов вблизи человеческого жилья (пищевые отходы в местах сбора мусора и на свалках, на морских побережьях). Кормовые ресурсы, находящиеся вблизи населенных пунктов, обуславливают появление синантропных популяций волков и даже бурых медведей.

Эпидемиологическое значение в синантропном очаге Чукотского полуострова могут иметь морские млекопитающие (объекты морского зверобойного промысла коренного населения), песцы клеточного содержания (п. Лорино и Лаврентия), а в некоторых поселках собаки (п. Провидение (Провиденский район)). Для местного населения, как и для их далеких предков, морские млекопитающие являются главными продуктами питания. Учитывая тот факт, что аборигенное население, следуя самобытным традициям, употребляет в пищу мясо морских зверей, часто не подвергая его достаточной термической обработке, а иногда в сыром, квашеном или полусыром виде, то вероятность заражения существенно возрастает. Результаты обследования 259 человек прибрежных населенных поселков позволили выявить у 24,3% положительную серологическую реакцию [4].

Эпидемиологическую роль играют бурый и белый медведи. Местные жители Чукотки мясо белого медведя употребляют в пищу после длительной термической обработки, однако оно продолжает оставаться одним из источников вспышек трихинеллеза. Что касается бурого медведя, то большая часть местного населения его не употребляет, но случаи заболевания трихинеллезом, источником которого является бурый медведь все-таки регистрируются.

Таким образом, синантропный очаг трихинеллеза характеризуется сложной структурой, который включает в себя домашних животных - бродя-

чих собак и одичавших домашних кошек, синантропных видов животных, осуществляющих постоянные или сезонные миграции из природного очага в синантропный и обратно. Ключевым звеном очага является звероферма, где благодаря традиционной деятельности человека происходит концентрация инвазионного потенциала, в виде продукции морского зверобойного промысла, в тоже время – это источник рассеивания возбудителя. Учитывая вышеизложенное функционирующий в настоящее время синантропный очаг, на территории арктических прибрежных поселков, можно отнести к стационарным синантропным очагам.

#### Литература

1. Филатов В. Г. Исторические и эволюционные предпосылки становления ландшафтной эпидемиологии гельминтозов // *Паразитология*, 1981 Т. XV. № 1. С. 3–9.
2. Боев С. Н. Трихинеллы и трихинеллез. Наука, 1978. 244 с.
3. Букина Л. А. Трихинеллез в прибрежных районах Чукотского полуострова, распространение, меры профилактики: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Киров, 2015. 43 с.
4. Букина Л. А., Одоевская И. М. Особенности эпидемиологии трихинеллеза на арктических побережьях Чукотки в условиях традиционного природопользования // *Медицинская паразитология и паразитарные болезни*. 2013. № 2. С. 8–13.

### ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИСТЬЕВ ЛИПЫ СЕРДЦЕВИДНОЙ (*TILIA CORDATA* L.) ФИТОФАГАМИ В г. КИРОВЕ

**В. В. Зиновьев<sup>1</sup>, С. В. Пестов<sup>1,2</sup>**

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

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,  
vladislavzinovjev@yandex.ru, pestov@ib.komisc.ru*

Зеленые городские насаждения играют большую роль в поглощении загрязняющих веществ, которые выделяют передвижные и стационарные источники загрязнения атмосферного воздуха. Фитофаги являются одним из факторов приводящих к ослаблению древесных растений в зеленых насаждениях городов. Внешние проявления деятельности этих членистоногих, которые выражаются в виде погрызов на листьях и различных деформаций, приводят к снижению декоративности растений и кустарников в зеленых насаждениях городов. Было показано, что при повреждении листьев изменяется количество и соотношение фотосинтетических пигментов, что вызывает угнетение фотосинтеза [1]. Численность фитофагов в свою очередь напрямую зависит от состояния растений, на которых они питаются. В связи с этим, мониторинг вредителей может служить показателем качества среды, где произрастают растения, следовательно, фитофаги могут быть индикаторами состояния этих продуцентов. Нами с 2015 г. нами проводится оценка активности фитофагов липы сердцевидной в зеленых насаждениях г. Кирова [2]. Целью настоящей работы является обобщение полученных данных и выявление факторов, определяющих интенсивность повреждения листьев липы фитофагами.

Сбор материала проводился в соответствии с ранее принятой нами методикой [3]. Каждая выборка включала в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 деревьев). На территории г. Кирова в период сентября 2015–2018 гг. Время сбора в сентябре было выбрано из-за того что, к концу сезона наблюдается максимальная повреждаемость листьев. Оценка повреждений листьев липы проведена в пяти участках:

1) Парк им. С. М. Кирова – городской парк, расположенный недалеко от железнодорожного вокзала. Заложен осенью 1958 г. Находится в центре города, селитебной зоне;

2) Дендропарк лесоводов Кировской области – парк находится между Казанским трактом и берегом р. Вятки, с южной стороны г. Киров. Парк был заложен в 1962 г. по инициативе директора Кировского лесхоза М. С. Вылегжанина. Общая площадь парка составляет 50,6 гектар. Открыт парк в 1967 г. В парке представлена уникальная коллекция древесных пород. Искусственные насаждения занимают площадь в 25 гектаров. В его пределах сохранились естественные участки лесной растительности (ельники);

3) Сквер на перекрестке улиц Воровского и Чапаева – дворовый участок, находящийся в центре города и характеризующийся интенсивным движением автомобильного транспорта;

4) Заречный парк – редкий пример пойменного соснового бора, однако в нем встречаются и лиственные породы деревьев. Рельеф – ложбинно-гравистый. В парке насчитывается около 20 озер. Находится на значительном расстоянии от промышленной зоны города;

5) слобода Чижи – территория, относящаяся к селитебной зоне г. Кирова, расположена вблизи магистрали, соединяющей основную часть города с обособленным Нововятским районом.

По внешним особенностям мы выделили пять типов повреждений листьев наносимых фитофагами: галлообразование, минирование, скелетирование, краевые и дырчатые погрызы (табл. 1).

Таблица 1

**Интенсивность повреждения листьев (%) липы  
в г. Кирове (2015–2018 гг.)**

Год	Типы повреждений				
	Галлообразование	Минирование	Краевые погрызы	Скелетирование	Дырчатые погрызы
1	2	3	4	5	6
Дендропарк					
2015	0	69	23	4	22
2016	12	64	38	2	34
2017	3	18	28	5	30
2018	16	95	24	11	22
Заречный парк					
2015	8	23	9	0	24
2016	15	11	22	0	45
2017	5	0	24	4	55
2018	21	85	22	19	33

1	2	3	4	5	6
Парк имени Кирова					
2015	40	45	11	1	7
2016	13	15	16	0	20
2017	12	0	9	1	26
2018	24	78	22	7	22
Сквер					
2015	5	7	9	0	14
2016	8	10	12	3	12
2017	3	0	10	1	30
2018	12	60	16	2	12
Слобода Чижи					
2015	52	0	22	0	2
2016	5	0	13	0	4
2017	23	1	25	14	25
2018	40	56	36	8	18

Галлообразователи представлены двумя видами галловых клещей: *Eriophyes tiliae* Pagenstecher и *Eriophyes leiosoma* Nalepa). Максимальная интенсивность повреждений клещами парке имени Кирова и слободе Чижи наблюдалась в 2015 г., на других участках в 2018 г.

Среди минеров наиболее широко распространена липовая минирующая моль-пестрянка (*Phyllonorycter issikii* Kumata, 1963). Этот вид формирует характерные округлые мины белого цвета на нижней стороне листа. Родиной этого вида является Восточная Азия (Япония, Корея, Восточный Китай и Юг российского Дальнего Востока. В 1980-е годы он проник в Европу, где к 2011 г. площадь ареала этого вида составила около 4 млн кв. км [4]. За четыре года наименьшая повреждаемость была отмечена в период 2017 г. Это объясняется неблагоприятными погодными условиями. Этот год был самым влажным и холодным (табл. 2), в связи с этим численность популяции липовой моли пестрянки была на низком уровне, на протяжении всего сезона. Самая высокая степень повреждения отмечалась в 2018 г. Год был умеренно теплым и высоким количеством осадков. Быстрое восстановление численности после сильного спада численности наблюдалось в 2010–2012 гг. В 2011 г. численность моли снизилась до минимальных значений после аномально жаркого 2010 г., в 2012 г., степень повреждения достигла 100% [4]. Таким образом, можно говорить о компенсационном восстановлении численности после снижения под воздействием пессимальных значений факторов.

Заметную роль во все годы играли листогрызущие вредители, вызывающие краевые и дырчатые погрызы. На большинстве участков, кроме дендропарка, филлофаги наносящие краевые погрызы были наиболее активны в 2017 г. Это, вероятно, связано с резким падением численности липовой моли пестрянки из-за неблагоприятных для нее погодных условий. Малозначительными вредителями были филлофаги вызывающие скелетирование. К ним

относятся в основном жуки листоеды. Интенсивность поражения листьев ими редко превышала 10%.

Таблица 2

**Метеорологические показатели на территории г. Киров в период с 15.03 по 20.05 в годы проведения исследований (данные сайта www.rp5.ru)**

Год	Средняя температура °С	Относительная влажность (%)	Количество выпавших осадков (мм)	Дата перехода среднесуточной температуры через +10 °С
2015	+9.0	61	56	27,04
2016	+10.4	58	17	13,04
2017	+4.8	70	112	19,05
2018	+7.7	62	88	28,04

Важнейшими факторами, определяющими численность вредителей, являются уровень антропогенного изменения и погодно-климатические условия территории. К группам повреждений, интенсивность которых снижается, антропогенных местообитания относятся скелетирование и краевые погрызы. Галлообразователи были в селитебной зоне несколько активнее по сравнению с парковыми насаждениями. На интенсивность минирования оказывали влияние примерно в равной степени оба названные фактора.

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

#### Литература

1. Пестов С. В., Тычинкина И. Г., Огородникова С. Ю. Влияние галловых клещей на состояние ассимиляционного аппарата липы сердцевидной // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 44. С. 188–201.
2. Зиновьев В. В., Пестов С. В. Изменения повреждений листьев липы сердцевидной (*Tilia cordata* L.) членистоногими в урбанизированной среде // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. Киров: ВятГУ, 2018. С. 216–218.
3. Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий. Киров: О-Краткое, 2008. 336 с.
4. Ермолаев И. В., Рублёва Е. А. История, скорость и факторы инвазии липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae) в Евразии // Российский журнал биологических Инвазий. № 1. 2017. С. 2–19.

## МОНИТОРИНГ ЗИМНЕГО НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ УЧАСТКА «НУРГУШ» ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

*С. В. Кондрухова*

*ФГБУ «Государственный природный заповедник «Нургуш»,  
parus1970@mail.ru*

Участок «Нургуш» (5634 га) Государственного природного заповедника «Нургуш» расположен в пределах Средневятской низменности в правобережном расширении долины р. Вятки (57°58'–58°04' с. ш., 48°24'–48°31' в. д.). Его территория входит в Нижнеунжинско-Ветлужский округ полосы южно-таежных лесов. Природные условия заповедника отражают черты пойменного ландшафта и локальные особенности крайнего северного положения аazonального неморального комплекса в таежной зоне. Лесопокрытая территория составляет 87,4% площади заповедника. Хвойные леса представлены ельниками, сосняками, пихтарниками. Лиственные – липняками, березняками, осинникам, черноольшаниками, дубняками, тополевыми, вязовниками, ивняками. Леса заповедника коренные. Спелые и перестойные занимают 70,3% лесопокрытой площади [1].

Охранная зона участка «Нургуш» (7998 га) расположена на боровой террасе и отграничена от него притеррасной речкой Прость. Здесь насаждения представлены хвойными, преимущественно сосновыми лесами, из которых по площади преобладают сосняки-зеленомошники (52,7%). Ельники (черничники, кисличники, травяно-болотные) распространены на площади 13,9%. Заболоченные березняки и ольшаники рассредоточены небольшими фрагментами по всей территории боровой террасы и занимают крупный избыточно увлажненный участок внутри лесного массива площадью 1099 га (около 23% территории). Значительные площади заняты вторичными лиственными лесами: осинниками и березняками [1].

Орнитологические исследования в долинном комплексе участка «Нургуш», включающего в себя территорию заповедника, охранную зону и прилегающие окрестности, были начаты в 1995 г. Всего за 24-летний период исследований на данном участке было зарегистрировано 204 вида птиц из 17 отрядов и 46 семейств. Из них 149 видов гнездится, 39 относятся к числу пролетных, 9 – к зимующим (кочующим) и 7 видов – к залетным.

В целом, в зимнее время здесь было отмечено пребывание 55 видов птиц из 7 отрядов и 18 семейств (рис. 1). Из них к группе оседлых и оседло-кочующих относится 41 вид (75%), к зимующим, встречающимся лишь во время осенне-зимних кочевок, – 9 видов (16%), к эпизодически зимующим – 5 видов (9%). Основу зимнего населения составляют воробьинообразные, дятлообразные и совообразные птицы.

В целях мониторинга населения птиц долинного комплекса, на территории заповедника и охранной зоны были заложены постоянные учетные маршруты. Комплексные учеты птиц проводились в декабре – феврале в трех

основных биотопах: сосняке-зеленомошнике, елово-мелколиственном лесу (включая заболоченный березняк) охранной зоны и пойменном хвойно-широколиственном лесу заповедника.

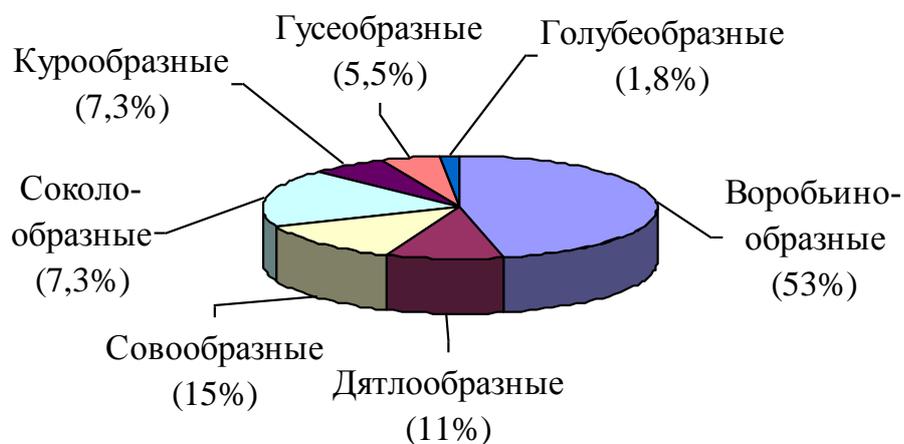


Рис. 1. Соотношение птиц по отрядам на участке «Нургуш» в зимнее время

В зимние сезоны 1995/1996, 1996/1997, 1997/1998 гг. учеты проводились автором с использованием методики К. Н. Благосклонова, В. И. Осмоловской, А. Н. Формозова [2] с фиксированной полосой учета, а в 1999, 2000, 2009–2019 гг. – по методике Е. С. Равкина и Н. Г. Челинцева [3] без ее ограничения. В последнем случае расчетная ширина учетной полосы определялась на основе средней гармонической из расстояний обнаружения птиц. В сезоны 2000/01, 2002/2003, 2003/2004, 2005, 2007 гг. учеты осуществлялись участниками биологического кружка Дарвиновского музея под руководством Е. С. Преображенской с использованием методики Ю. С. Равкина [4].

За 21 зимний сезон с учетами было пройдено 804 км маршрутов. Всего было учтено 42 вида птиц из 5 отрядов и 14 семейств, что составляет 76% от общего числа видов, встреченных в заповеднике в зимнее время. Доля воробьинообразных птиц составила 57% (24 вида), дятлообразных и совообразных по 14% (по 6 видов), соколообразных и курообразных по 7,1% (по 3 вида).

В сосняке-зеленомошнике за период учетов было зарегистрировано 29 видов птиц (в среднем 11 за учет); в елово-мелколиственном лесу – 32 вида (в среднем 12); в хвойно-широколиственном лесу – 36 видов (в среднем 13). Только в пойменном хвойно-широколиственном лесу заповедника были учтены: орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*), белая сова (*Nyctea scandiaca*), ястребиная сова (*Surnia ulula*), серая неясыть (*Strix aluco*), воробьиный сыччик (*Glaucidium passerinum*), седой дятел (*Picus canus*) и дубонос (*Coccothraustes coccothraustes*).

За время учетов выявлено 20 доминантных видов, доля участия которых в населении равна 10% и более [5]. Ядро зимующих птиц заповедника составляют 11 видов: большой пестрый дятел (*Dendrocopos major*), сойка (*Garrulus glandarius*), желтоголовый королек (*Regulus regulus*), ополовник (*Aegithalos*

*caudatus*), пухляк (*Parus montanus*), хохлатая синица (*Parus cristatus*), большая синица (*Parus major*), обыкновенный поползень (*Sitta europaea*), обыкновенная пищуха (*Certhia familiaris*), обыкновенная чечетка (*Acanthis flammea*), клест-еловик (*Loxia curvirostra*) (табл.). Среди доминантов лидирующее положение по обилию занимают: пухляк, ополовник, обыкновенная чечетка и большой пестрый дятел.

Для некоторых зимующих птиц характерны циклические (3, 5 и 6-летние) колебания численности, причем у ряда видов они синхронизированы. Такая зависимость прослеживается в парах: пухляк и хохлатая синица, обыкновенная чечетка и ополовник, сойка и обыкновенный поползень. Вероятно, это объясняется трофической связью птиц с определенными породами деревьев. Так, подъемы и спады численности пухляка и хохлатой синицы могут зависеть от урожайности семян хвойных пород (ели, сосны), обыкновенной чечетки и ополовника – лиственных деревьев (березы, ольхи), сойки и обыкновенного поползня – от урожайности дуба [5].

Таблица

**Средние показатели обилия доминантных видов птиц на участке «Нургуш» в зимнее время (особей/км<sup>2</sup>; в скобках min-max)**

Вид	Биотопы			
	Сосняк зеленомошный	Елово-мелко-лиственный лес	Хвойно-широколиственный лес	В среднем
Большой пестрый дятел	15 (0-43)	14 (1-40)	9,7 (0-40)	12,9
Сойка	2,0 (0-8,4)	2,5 (0-13)	7,0 (0-20)	3,8
Желтоголовый королек	3,5 (0-28)	5,5 (0-49)	0,9 (0-6)	3,3
Ополовник	23 (0-179)	20 (0-113)	25 (0-177)	23
Пухляк	47 (5-120)	36 (3,5-109)	37 (6-133)	40
Хохлатая синица	7,3 (0-46)	0,6 (0-3,8)	0	2,6
Большая синица	2,1 (0-15)	7,5 (0-21)	3,8 (0-17)	4,5
Обыкновенный поползень	2,3 (0-7,7)	1,7 (0-13)	6,2 (0-23)	3,4
Обыкновенная пищуха	5,0 (0-19)	2,8 (0-21)	3,3 (0-19)	3,7
Обыкновенная чечетка	4,6 (0-44)	28 (0-339)	20 (0-96)	18
Клест-еловик	7,7 (0-50)	9,0 (0-37)	10 (0-61)	8,9

Общая плотность населения птиц в сосняке-зеленомошнике составляет в среднем 142 (37-301) особи/км<sup>2</sup>, в елово-мелколиственном лесу – 173 (49-548) особи/км<sup>2</sup>, в хвойно-широколиственном лесу – 163 (29-360) особи/км<sup>2</sup>. Динамика численности зимующих птиц носит волнообразный характер (рис. 2).

Колебания численности в биотопах происходят в основном синхронно, но в отдельные годы они могут не совпадать. Связано это со вспышками численности массовых видов птиц в том или ином биотопе. Так, в 2012 г. максимально высокий уровень численности птиц в елово-мелколиственном лесу был обусловлен многочисленностью обыкновенной чечетки, показатель обилия которой превышал среднее многолетнее значение в 14 раз. Пик численно-

сти в хвойно-широколиственном лесу в 2014 г. был вызван высокими показателями обилия ополовника (превышение среднего значения в 6 раз) и обыкновенной чечетки (превышение в 4,5 раза), а в 2019 г. – пухляка (превышение в 3,6 раза).

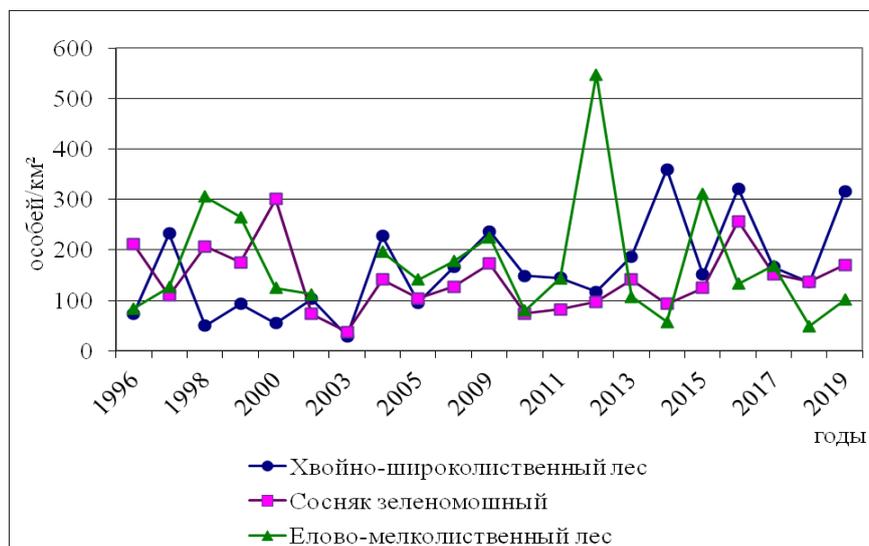


Рис. 2. Динамика зимнего населения птиц на участке «Нургуш»

Из общих тенденций изменения обилия зимующих птиц следует отметить его резкий спад в 2002/2003 гг. и 2010/2011 гг. По данным Е. С. Преображенской [6, 7] в эти сезоны глубочайшая депрессия численности была отмечена на всей территории Восточно-Европейской равнины и Урале. На участке «Нургуш» низкий уровень численности наблюдался и в 2014 г.

Как показали исследования, в последние полтора десятилетия в европейской части России численность некоторых массовых видов, в особенности пухляка, неуклонно снижается [8]. Одной из важных причин автор называет неблагоприятное состояние еловых древостоев, как в южной части ареала ели, так и в таежной зоне. На численность могли повлиять также климатические изменения и вырубка таежных лесов, приведшая к смене старых хвойных древостоев на лиственные молодняки малоприспособленные для обитания зимующих птиц.

Не смотря на общую негативную тенденцию динамики численности лесных зимующих птиц, на участке «Нургуш» ситуация относительно стабильна. В хвойных и смешанных лесах охранной зоны прослеживается лишь незначительное снижение, а в хвойно-широколиственном лесу заповедника, напротив, существенный рост численности зимующих птиц. На наш взгляд, этот положительный тренд в значительной степени обусловлен увеличением обилия пухляка в последние 3–4 года и периодическими всплесками численности ополовника и обыкновенной чечетки.

#### Литература

1. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 1995–1996 гг. Книга 1. с. Боровка, 2000. 307 с. Рукопись.

2. Благосклонов К. Н., Осмоловская В. И., Формозов А. Н. Учет численности воробьиных, дятловых и ракшеобразных птиц // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М.: АН СССР, 1963. 255 с.

3. Равкин Е. С., Челинцев Н. Г. Методические рекомендации по маршрутному учету населения птиц в заповедниках // Организация научных исследований в заповедниках и национальных парках: Сб. докладов семинара-совещания. г. Пущино-на-Оке. М.: ВФДП, 1999. С. 143–156.

4. Равкин Ю. С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск: Наука, 1967. С. 66–75.

5. Кондрухова С. В. Динамика численности зимующих птиц заповедника «Нургуш» // Многолетние процессы в природных комплексах заповедников России: Материалы Всероссий. науч. конф., посвященной 80-летию Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника. Великие Луки, 2012. С. 263–268.

6. Преображенская Е. С. Динамика численности лесных зимующих птиц Восточно-Европейской равнины и Урала (некоторые итоги работы программы «Parus» // Динамика численности птиц в наземных ландшафтах: Материалы Российского науч. совещания. Москва, ИПЭЭ им А.Н. Северцова РАН, 21–22 февраля 2007 г. М.: ИПЭЭ РАН, 2007. С. 39–60.

7. Преображенская Е. С. Птицы, зимующие в лесах Восточно-Европейской равнины и Урала: небывалая депрессия численности в сезоне 2010/11 г. // Мир птиц. Информационный бюллетень Союза охраны птиц России. № 39. 2011. С. 13–18.

8. Преображенская Е. С. Динамика численности лесных зимующих птиц европейской России (по данным программ «Parus» и «Евроазиатский Рождественский учет») // Первый Всероссийский орнитологический конгресс: Тезисы докладов. Тверь, 2018. С. 266.

## ПАРАФАСЦИОЛОПСОЗ ЛОСЯ НА ТЕРРИТОРИИ ОПЫТНОГО ХОЗЯЙСТВА

*Т. А. Котельникова<sup>1</sup>, О. В. Масленникова<sup>1</sup>, Т. Г. Шихова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,  
olgamaslen@yandex.ru*

<sup>2</sup> *ФГБНУ ВНИИ охотничьего хозяйства и  
звероводства им. профессора Б. М Житкова*

Территория Кировской области расположена в таежной зоне европейского востока, где наиболее приоритетным видом охотничьей фауны является самый крупный представитель копытных – лось. Управление популяциями промысловых видов фауны процесс очень сложный, требующий разносторонних подходов, включая и гельминтологическую составляющую.

На европейском северо-востоке наметилась тенденция снижения численности лося. Одним из биотических факторов, влияющих на популяцию лося, являются паразитические черви. Паразитоценоз лося представлен 12 видами, однако доминантам среди всех паразитов является трематода *Parafasciolopsis fasciolaemorpha*, обитающая в протоках печени [1]. При высокой интенсивности инвазии этим паразитом лоси ослабевают, могут отставать в росте, имеют низкую упитанность, становятся легкой жертвой хищников. Зараженность лося парафасцилопсом, как показали наши исследова-

ния, влияет на воспроизводительную способность популяции, самки приносят ослабленное потомство, что приводит к сокращению численности вида.

Для контроля за ситуацией необходимо заниматься мониторингом данного заболевания, отслеживать экстенсивность и интенсивность инвазии *P. fasciolaemorpha* у лося.

Исследования были проведены на территории научно-опытного охотничьего хозяйства Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства (НООХ ВНИИОЗ), которое расположено на территории трех районов области: Слободского, Белохолуницкого и Зуевского. Материал (пробы печени) был собран в охотничий сезон 2017–2018 гг.

Методом гельминтологического вскрытия исследованы 22 пробы печени лося, из которых 6 проб были от сеголетков и 16 от взрослых особей [2].

Была рассчитана экстенсивность инвазии (ЭИ) и интенсивность инвазии (ИИ), при этом учитывался возраст, пол и упитанность зверя. Места отстрела лосей картировались (основная масса проб из Слободского района).

В результате исследования печени лося на наличие паразитов, было выявлено два вида трематод: *P. fasciolaemorpha* (Ejsmont, 1932) и *Dicrocoelium dendriticum* (Rudolphi, 1819).

Полиинвазия наблюдалась у одного лося самки (3+) с двумя эмбрионами, добытой в Слободском районе. Интенсивность инвазии *P. fasciolaemorpha* составила 389 экз., а *D. dendriticum* – 78 экз.

Парафасциолопсисы были обнаружены у 72,7 % исследованных проб печени лося, дикроцелии лишь у 4,5% (у одного лося) Средняя интенсивность парафасциолопсозной инвазии составила 2744 экз. (44-26340). Самая высокая интенсивность инвазии наблюдалась у взрослой беременной самки (26340) в пойме р. Роговка, самая низкая также у взрослой беременной самки (44 экз.) (Высоково, Слободской район).

При расчете зараженности трематодой по возрастным группам лосей было выявлено, что парафасциолопсозом заражены все половозрастные группы (от сеголетков до взрослых особей). Экстенсивность инвазии у взрослых особей составила 81,3%, сеголетки же заражены на 50%. По интенсивности инвазии наблюдается такая же ситуация: ИИ взрослых лосей составляет 3027 экз., а ИИ сеголетков 1312 экз. ИИ у взрослых почти в 2,5 раза больше, чем у сеголетков. Самый высокий показатель ИИ у сеголетков – 2550 экз., а у взрослых – 26340 экз.

Сравнивая зараженность лося *P. fasciolaemorpha* за охотничий сезон 2017–2018 гг. с предыдущим охотничьим сезоном (2016–2017 гг.) наблюдается увеличение экстенсивности инвазии с 54,8% до 72,7%, так и ее интенсивности с 921 (17–3490) экз. до 2744 (44–26340) экз.

В охотничий сезон 2017–2018 гг. на территории НООХ ВНИИОЗ выявлено 2 вида трематод в виде полиинвазии – *P. fasciolaemorpha* и *D. dendriticum* у одного лося самки с низкой интенсивностью инвазии. Парафасциолопсозная инвазия наблюдалась у 72,7% лосей, при средней ИИ 2744 (44-

26340) экз. Зараженность взрослых лосей составила 81,3%, а сеголетков – 50%. Средняя ИИ у сеголетков 1312 экз., у взрослых – 3027 экз. При сравнении полученных показателей с предыдущим сезоном наблюдалось увеличение экстенсивности и интенсивности парафасциолопсозной инвазии.

#### Литература

1. Масленникова О. В., Шихова Т. Г. Трематоды лосей на территории Вятского Прикамья // Ветеринария. 2017. № 4. С. 37–40.

2. Ивашкин В. М., Контримавичус В. Л., Назарова Н. С. Методы сбора и изучения гельминтов наземных млекопитающих. М.: Наука, 1971 121 с.

### УЧЕТЫ РЫБОЯДНЫХ ПТИЦ В БАССЕЙНЕ р. СТОЛБОВАЯ ЦЕНТРАЛЬНОСИБИРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

*И. С. Махнева<sup>1</sup>, П. В. Кочкарев<sup>2</sup>, О. В. Масленникова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,  
*olgamaslen@yandex.ru*

<sup>2</sup> ФГБУ «Государственный заповедник «Центральносибирский»

Одной из целей заповедника является изучение биоразнообразия животных, в том числе птиц.

Территория заповедника является местом гнездования гоголя обыкновенного, крохали большого и некоторых редких птиц, занесенных в Красные книги Красноярского края, Российской Федерации.

Из-за большой территории заповедника учетами не охватывается вся его территория, в частности, на реке Столбовая учеты гоголя обыкновенного и крохали большого последний раз были проведены в 1990 г., а учеты таких редких птиц, как скопа и орлан белохвост, в 2011 г. Необходимость проведения таких учетов является актуальной задачей заповедника.

Учет проводился в июле 2018 г. на р. Столбовая Центральносибирского заповедника от устья вверх по течению. Данная река имеет хорошие защитные станции для размножения околводных и рыбадных птиц. Для учета использовалось судно на воздушной подушке, шум от которого не мешает гнездящимся птицам. Двигались во время учета со скоростью около 20 км/ч. Общая протяженность маршрута составила 180 км (один маршрут 60 км). Длина учетного маршрута и место встречи птиц определялась по GPS-навигатору. Учет выводков на реке гоголя (*Viscephala claugula*) и большого крохали (*Mergus merganser*) проводился 12 июля 2018 года, а 5.07.2018 г., 12.07.2018 г. и 28.07.2018 г. учитывались редкие краснокнижные виды птиц (скопа и орлан белохвост).

Для учета птиц была использована методика маршрутного учета без ограничения полосы обнаружения с расчетом плотности населения по средним дальностям обнаружения птиц и методика мониторинга водоплавающих птиц [1, 2].

В период учета на р. Столбовая были зарегистрированы два представителя из отряда гусеобразных (Anseriformes): большой крохаль и гоголь обыкновенный с выводками, других птиц из этого отряда зарегистрировано не было. Данные виды в целом не являются конкурентами по питанию, т.к. основной пищей гоголя являются беспозвоночные, обитающие на дне и водной растительности, меньше в толще воды, в основном это личинки ручейников, мотыль, личинки мошек, моллюски и пр. Изредка гоголь может употреблять мелкую рыбу. Основу питания крохали составляет рыба, причем нередко довольно крупная до 25 см длиной [3]. Но оба вида являются конкурентами за места гнездования, т.к. они предпочитают гнездиться в дуплах, старых жилищах желны, естественных пустотах деревьев. Гоголь может гнездиться иногда очень высоко, до 15 м.

Количество яиц в кладке у гоголя обыкновенного составляет в среднем 8–9 (до 14), в то время как у крохали 6–9 (до 13), время насиживания примерно одинаковое: у гоголя 26–30 суток, у крохали 32–35 суток [3].

Учеты крохали и гоголя на реке Столбовая показали явное преобладание крохали большого, т.к. учтено 10 самок с выводками крохали и лишь 6 самок с выводками у гоголя. При подсчете самок с выводками крохали большого и гоголя обыкновенного на маршруте длиной 60 км учтено всего 144 птицы, из них крохаль – 101 особь, гоголь – 44 особи, соотношение птиц составило 1: 2,3 (табл. 1).

Таблица 1

**Количественный учет выводков большого крохали и гоголя обыкновенного**

км \ Вид	Крохаль большой (особи)		Гоголь обыкновенный (особи)	
	самки	птенцы	самки	птенцы
10	2	19	1	4
20	3	33	1	8
30	2	15	1	7
40	1	6	0	0
50	1	9	2	12
60	1	9	1	6
Итого	10	91	6	37
Среднее значение		9,1±0,6		6,2±0,5

Среднее количество птенцов в выводках крохали составило 9,1±0,6, а у гоголя – 6,2±0,5, т. е. количество птенцов в выводке большого крохали преобладает над гоголем.

При учете редких рыбоядных птиц на маршруте в 180 км были зарегистрированы 2 вида из отряда соколообразные (Falconiformes), такие как скопа (*Pandion haliaetus*) в количестве семи особей и орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*) – 3 особи.

Скопа (*P. haliaetus*) относится к категории – 3. Статус: редкий широко распространенный вид с узкой экологической амплитудой. Занесена в Красную книгу РФ.

Предпочитает селиться по берегам рек с обширными плесами и относительно медленным течением. Решающее значение в выборе гнездового участка имеет наличие высокоствольной растительности вблизи водоемов, глубина, прозрачность и сырость течения реки. Пары размещаются одна от другой в нескольких километрах. Кладка состоит из 2–3 яиц.

Скопа – типичный ихтиофаг, кормится разнообразной рыбой. При мутной воде и невозможности добывания основного корма ловит грызунов, лягушек, птенцов и подранков птиц [4]. Скопа отмечалась в заповеднике с 1987 г. Наблюдались постоянно редкие встречи на гнездовье в 1987–1990 гг. Обнаружено 5 гнезд на притоках Енисея (Рыбная, Елогуй) и Подкаменной Тунгуски (Столбовая) [5].

Орлан-белохвост (*H. albicilla*) также относится к 3 категории. Статус: редкий широко распространенный вид. Вид занесен в Красные книги МСОП и РФ. Гнездится орлан по берегам озер и рек, богатых рыбой с присутствием высокоствольной растительности, хотя на севере гнезда устраивает на скалах и береговых уступах. В южных районах Красноярского края кладка, состоящая из 1–2 яиц, найдена в конце апреля, в середине мая были отмечены пуховые птенцы. Питается преимущественно рыбой. Охотно ест падаль и отбросы рыбного промысла, боен и т. д. Разыскивает добычу, паря высоко в воздухе [4]. Орлан-белохвост был отмечен на территории заповедника, в том числе на реке Столбовой, впервые в 1985 г.

Нами сделан перерасчет количества учтенных птиц на 10 км маршрута (табл. 2).

Таблица 2

**Перерасчет количества встреченных птиц на протяженность маршрута**

Территория	Протяженность маршрута	Встречено птиц всего (на 10 км)			
		Скопа	Орлан-белохвост	Крохаль большой	Гоголь обыкновенный
Бассейн р. Столбовая	180 км	7 (0,38)	3 (0,16)		
	60км			101 (16,8)	44 (7,3)

Согласно Летописи природы Центральносибирского заповедника в 2011 г. на 10 км маршрута была учтена 1 скопа, 0,2 – орлан белохвост. При сравнении с нашими данными сократилась численность скопы более чем в 2 раза (0,38) в бассейне р. Столбовая, численность орлана белохвоста изменилась незначительно.

В результате количественного учета рыбадных птиц и их конкурентов (гоголь обыкновенный) в бассейне р. Столбовая выявлено явное преимущество в численности крохали обыкновенного (16,8 особей на 10 км маршрута) по сравнению с гоголем (7,3 особи на 10 км маршрута). Среднее количество птенцов в выводках крохали составило  $9,1 \pm 0,6$ , а у гоголя -  $6,2 \pm 0,5$ . По сравнению с 2011 г. сократилась численность скопы более чем в 2 раза, численность орлана-белохвоста осталась на том же уровне.

### Литература

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. Саймон Делани. Руководство по методологии мониторинга водоплавающих птиц: общие подходы к организации и проведению учетов. Wetlands International, 2010. 25 с.
3. Рябицев В. К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: Справ.-определитель. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. 634 с.
4. Красная книга Красноярского края. / Главный редактор Н. В. Степанов. Красноярск, 2012. 572 с.
5. Летопись природы государственного заповедника «Центральносибирский». Книга № 19. 2006. 111 с.

## МАТЕРИАЛЫ О ГИБЕЛИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

**В. М. Рябов**

*Вятский государственный университет, ryapitschi@yandex.ru*

В настоящее время, в связи с увеличением количества автомобильного транспорта и расширением сети автомобильных дорог обостряется проблема гибели животных на автотрассах. В связи с этим нами предпринята попытка актуализировать данную проблему путем констатации фактов гибели млекопитающих (в основном охотничьих видов) на одном из участков автодорог регионального значения.

Наблюдения проводили на автотрассе Кырчаны – Нема – Кильмезь, протяженностью 55 км: от поворота на д. Марково до д. Рыбная Ватага. Данный участок проходит по облесенной территории. Леса представлены преимущественно средневозрастными березово-еловыми и березово-сосновыми сообществами, сформировавшимися на месте промышленных рубок в 50–60 гг. XX века. Значительную территорию занимают приспевающие и спелые ассоциации сосновых лесов, незначительны по площади старовозрастные ассоциации еловых лесов. На данном участке расположены два населенных пункта (бывшие лесопункты Кильмезского леспромхоза: п. Осиновка, п. Каменный Перебор) с общей численностью населения не более 300 человек. Сельскохозяйственных объектов, полигонов твердых коммунальных отходов, скотомогильников и других объектов, потенциально провоцирующих увеличение численности млекопитающих на данном участке нет. Северный 32 километровый участок автотрассы проходит по территории охотугодий Немского РООиР. Южный 23 километровый участок проходит по территории охотугодий Кильмезского РООиР (участок № 1). Охотничьи угодья обоих хозяйств интенсивно эксплуатируются. Таким образом, выбранный участок проходит по территории, подвергающейся незначительной антропогенной нагрузке и обладающей приближенной к средним значениям плотностью охотничьих видов зверей.

Наблюдения проводили с сентября 2017 г. до конца зимы 2019 г. с регулярностью 2 раза в месяц в осенний и весенний период и 1 раз в месяц в зимний и летний период. Наблюдения проводили с автомобиля в сумеречное (ночное) время и на вторые сутки этот же маршрут повторяли днем. Всего проведено 27 наблюдений. Суммарная длина маршрутов составила 2970 км. На маршруте отмечали факты гибели млекопитающих от столкновения с автотранспортом. Кроме того, фиксировали встречи живых зверей непосредственно на автодорожном полотне. У погибших зверьков определяли (в зависимости от сохранности) пол и возраст. Всего за период наблюдений было отмечено 29 фактов гибели зверей, и 141 визуальная встреча 8 видов млекопитающих.

Далее приводим аннотированный список млекопитающих, факты, гибели которых и (или) встречи на данном участке автодороги были отмечены за вышеуказанный период наблюдений.

Заяц-беляк – *Lepus timidus*. Отмечено 10 фактов гибели беляков от столкновения с автотранспортом. Наибольшее число встреч приходится на весну 2018 г. ( $n = 6$ ). В осенний период (2017 и 2018 гг.) отмечено по два факта гибели. В летний и зимний период фактов гибели не отмечали. Численно преобладают самцы ( $n = 6$ ). Максимальное число встреч с живыми зверьками на дороге отмечено весной 2018 г. ( $n = 84$ ), минимальное в зимний период 14 зимой 2017–2018 гг., 16 зимой 2018–2019 гг.).

Белка – *Sciurus vulgaris*. Встречено всего 2 сбитых зверька: в осенний период 2017 и 2018 гг. За период наблюдений только однажды (в октябре 2017 г.) была встречена белка перебегающая дорожное полотно. Вероятно, малое количество встреч с этим довольно обычным зверьком обусловлено низкой плотностью белки в период наблюдений из-за низких урожаев семян ели и сосны.

Лесная куница – *Martes martes*. Отмечено 5 фактов гибели лесной куницы на дороге. Наибольшее количество ( $n = 3$ ) приходится на осенний период. Все погибшие осенью зверьки были сеголетками. По одному взрослому самцу обнаружено весной и зимой 2018 г.

Черный хорь – *Mustela putorius*. За период наблюдений отмечен один факт гибели молодого самца хоря на описываемом участке автодороги в ноябре 2017 г.

Ласка – *Mustela nivalis*. Фактов гибели не отмечена. Дважды ласок пересекающих дорожное полотно отмечали осенью 2018 г.

Лисица – *Vulpes vulpes*. Единично сбитых лисицы встречали во все сезоны в течение периода наблюдения, за исключением весны 2018 г. Всего за 18 месяцев отмечено 7 погибших лисиц (все молодые, 4 самца и 3 самки). Почти с такой же периодичностью встречаются лисицы в сумеречное и ночное время в придорожной полосе.

Енотовидная собака – *Nyctereutes procyonoides*. Зафиксировано два случая гибели енотовидной собаки на данном участке осенью 2017 и 2018 гг. В обоих случаях погибли молодые самцы.

Рысь – *Lynx lynx*. Дважды, осенью и в начале зимы 2017 г. взрослых рысей, идущих вдоль дороги наблюдали у границы Немского и Кильмезского районов.

Лось – *Alces alces*. Фактов ДТП с участием лосей на данном участке автодороги не зарегистрировано (<http://есо.геокиров.ру>). Вблизи дорожного полотна в зимний период регулярно встречали следы лосей, однако встреч ни нами, ни местным населением (опросные данные) отмечено не было.

Обобщенные данные о фактах гибели и встречах млекопитающих на участке автотрассы Нема – Кильмезь представлены в таблице.

Таблица

**Количество погибших и встреченных млекопитающих на участке автотрассы Нема – Кильмезь в период с сентября 2017 по март 2019 гг. (числитель : число погибших животных; знаменатель : число встреченных животных)**

Вид	Осень 2017	Зима 2017–2018	Весна 2018	Лето 2018	Осень 2018	Зима 2018–2019	всего
Зяц-беляк	2	0	6	0	2	0	10
	14	4	84	4	16	6	128
Белка	1	0	1	0	1	0	2
	1	0	0	0	0	0	1
Лесная куница	2	0	1	0	1	1	5
	0	0	0	0	0	0	0
Лесной хорь	1	0	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0	0	0
Ласка	0	0	0	0	2	0	2
	0	0	0	0	0	0	0
Лисица	2	1	0	1	2	1	7
	2	2	0	1	1	1	7
Енотовидная собака	1	0	0	0	1	0	2
	0	0	2	0	0	0	2
Рысь	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	0	0	1	3
Итого	9	1	7	1	9	2	29
	18	7	86	5	17	8	141

Таким образом, максимальное число погибших животных от столкновений с автотранспортом приходится на осенний период, в меньшей степени на весенний и единичные случаи отмечаются зимой.

## **ТРАВМИРОВАННОСТЬ СЕВЕРНЫХ МОРСКИХ КОТИКОВ (*CALLORCHINUS URSINUS*) ИНОРОДНЫМИ ПРЕДМЕТАМИ АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА РЕПРОДУКТИВНОМ ЛЕЖБИЩЕ О. ТЮЛЕНИЙ (САХАЛИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

*Ю. В. Феденева, Л. А. Букина*

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
l.bukina5@gmail.com*

В настоящее время одной из глобальных экологических проблем, стоящих перед человечеством является загрязнение океанов, морей и прибрежных территорий промышленным и бытовым мусором. Существует очень много видов и форм прямого или косвенного поступления в морскую среду различных загрязняющих веществ. Этому способствуют морские течения, которые могут выносить загрязнения в открытый океан, отдаленные от берегов акватории морей получают значительные объемы загрязнений из атмосферы, а также от постоянно увеличивающегося международного судоходства. По оценкам ООН, каждый год в моря попадает около 6,4 млн. т мусора (пластик, полиэтилен и др.), из которых 635 тыс. т – это нелегально используемые морские сети и снасти. В масштабах всего Мирового Океана ежегодная смертность китообразных и тюленей в результате пластикового загрязнения составляет более 400 тыс. морских млекопитающих [1].

В Международном союзе охраны природы (МСОП) перечислены 368 морских животных, которые находятся под угрозой исчезновения, либо находятся в уязвимом положении и одна из основных причин снижения численности популяций является загрязнение среды обитания различными инородными предметами антропогенного происхождения.

Антропогенное воздействие на океанические экосистемы за последние 35–40 лет резко возросло. Страны Тихоокеанского региона на порядок увеличили количество плавбаз, осуществляющих переработку рыбы непосредственно в океане. Интенсивное рыболовство и транзитное использование судоходством акваторий тихоокеанских вод Японии и Японского моря, где зимуют морские котики острова Тюлений является серьезным фактором, повышающим уровень смертности морских млекопитающих в результате запутывание их в обрывках сетей и других предметах антропогенного происхождения.

Первые данные о животных с инородными предметами на теле зарегистрированных на репродуктивном лежбище острова Тюлений стали появляться с конца 70-х годов [2–4]. Животные как правило появляются на лежбище с инородными предметами, приобретенными во время миграций в море, но иногда это может происходить и на берегу или в непосредственной близости от него. Морские млекопитающие подплывают к сетям, чтобы кормиться либо играют в плавающем мусоре (синтетические упаковочные ленты, сети, веревки, полиэтилен и т.д.), в результате чего запутываются и получают трав-

мы. Установлено, что среди северных морских котиков у которых были на теле инородные предметы гибель составляет 75% [5, 6].

В настоящем сообщении мы попытались на примере репродуктивного котикового лежбища острова Тюлений, руководствуясь доступными для нас литературными источниками и собственными наблюдениями оценить общие показатели травмированных животных.

Остров Тюлений располагается в юго-западной части Охотского моря, в 12 км к юго-западу от мыса Терпения (южной оконечности полуострова Терпения, остров Сахалин) ( $48^{\circ}29'$  с. ш.  $144^{\circ}38'$  в. д.). На о. Тюлений находится лежбище ценных морских зверей: северных морских котиков (*Callorhinus ursinus*) и сивучей (*Eumetopias jubatus*), также регистрируются настоящие тюлени — ларга (*Phoca largha*) и акиба (*Pusa hispida*). Морской котик и сивуч размножаются на острове, образуя гаремные и холостяковые залежки. Общая численность котика составляет около 5055 тыс. особей, сивуча – до 700, ларги – до 800 особей, акиба встречается единично. Вокруг о. Тюлений создана 30-мильная зона, где запрещается вылов рыбы и других биоресурсов моря, судоходство, пролет самолетов, а также ограничено посещение острова людьми. Охрана территории и прилегающей акватории осуществляется силами заповедника «Поронайский», охранная зона которого включает прибрежную морскую акваторию шириной 500 м в зал. Терпения и 1 000 м в Охотском море вдоль восточной границы заповедника. Остров Тюлений включен в число особо охраняемых природных территорий Российской Федерации.

Расположение острова Тюлений обуславливает сильное загрязнение как его акватории, так и непосредственно побережье. В 2017 г., в ходе работы на острове, общественники и спасатели собрали и вывезли несколько десятков килограмм пластиковых бутылок, рыболовных сетей, резиновых шлангов, веревок и других отходов. В результате работы было очищено практически все побережье острова. Несмотря на это в 2017 г. было зарегистрировано 219 животных с инородными предметами [7]. По устному сообщению наблюдателей в 2018 г. на острове Тюлений было зарегистрировано более 600 встреч северного морского котика с инородными предметами.

Ниже мы приводим данные по регистрации травмированных северных морских котиков инородными предметами на лежбище о. Тюленьего, опубликованные разными учеными в разные годы (табл.).

Анализ таблицы показал, что из всех половозрастных групп на о. Тюленьем чаще всего регистрировались с инородными предметами холостяки и самки, как наиболее подвижные группы котикового стада. Имея небольшие размеры, они могут легко запутаться в рыболовных сетях, обладая высокой маневренностью иногда способны освободиться от них, но часто остаются с обрывками сетей, веревок или ошейников. Большую часть жизненного цикла (около 7 месяцев) северные морские котики и сивучи проводят в воде, где и запутываются в морских отходах. Они подплывают к сетям, чтобы кормиться либо играют в плавающем мусоре (синтетические упаковочные ленты, сети,

веревки, полиэтилен и т.д.), в результате чего запутываются и получают травмы. Так, было выявлено, что среди северных морских котиков у которых были на теле инородные предметы гибель, составила 75% [5, 6].

Таблица

**Хронология регистрации северного морского котика с инородными предметами на теле на репродуктивном лежбище о. Тюлений**

Годы	Самцы			Самки (без подразделения на возрастные группы)	Всего	Авторы
	Полусекачи (в возрасте 4–6 лет)	Секачи (в возрасте 7 лет и старше)	Холостяки (самцы 2–4 лет)			
1973	0	37/14,3	102/39,4	120/46,3	259	Минеев В. Н., 1975
1974	–	–	–	–	481	Минеев В. Н., 1975
1976	–	–	–	–	7	Минеев и др., 1979
1979	9	16	46	42	116	Исследования ВНИРО и ТИНРО, 1979
1983	0	15/12,4	33/27,3	73/ 60,3	121	Исследования ВНИРО и ТИНРО, 1984
1988	9/18,7	2 /4,2	13/ 27,1	24/50,0	48	Кузин А. Е., 2001
1989	11 /12,9	13/ 15,4	25/ 29,4	36 /42,3	85	Кузин А. Е., 2001
1990	15/12,2	16/13,0	34/27,6	58/47,2	123	Кузин А. Е., 2001
1991	11/10,7	16/15, 5	24/23,3	52/50,5	103	Кузин А. Е., 2001
1992	14/ 15,6	14 /15,6	19/ 21,1	43/ 47,7	90	Кузин А. Е., 2001
1993	8/ 10,4	20 /25,9	12/ 15,6	37/ 48, 1	77	Кузин А. Е., 2001
1994	7/ 7,1	17/ 17,4	27/ 27,6	47/ 47, 9	98	Кузин А.Е., 2001
1995	–	–	–	–	–	Нет данных
1996	2/4,4	12/ 26,1	23/50,0	9/ 19,5	46	Кузин А. Е., 2001
1997	3/ 8,3	7/ 19,4	12/ 33,4	14/ 38,9	36	Кузин А. Е., 2001
1998	7/16,6	12/28,6	11/26,2	12/28,6	42	Кузин А. Е., Набережных, 2001
2000	–	–	–	–	73	Владимиров В. А., 2000

С конца XX века появилась проблема попутного прилова и запутывания в морских отходах северных морских котиков [11]. В дрейфтерные сети, как правило, попадают молодые особи от 1 до 5 лет. Чтобы не тратить время рыбаки обрезают сети вокруг запутавшегося животного, и оно уплывает вместе с ошейником. Для молодых особей ошейники особенно опасны, так как они растут и в дальнейшем эти ошейники душат, врезаются и прорезают кожу, появляются глубокие открытые раны и такое животное обречено на гибель [5].

Результаты проведенного анализа по видам инородных предметов на теле животных показали, что в конце 70-х начале 80-х годов на лежбище о. Тюлений наиболее распространенным видом травмирующего материала явились обрывки рыболовных сетей. Максимальное количество зарегистрировано в 1983 г., когда доля рыболовных снастей составила – 66,9%, веревок – 24,8%, синтетическая упаковочная лента, леска и неопределенные предметы – 8,3%. [8]. В 2017 г. с обрывками сетей было отмечено 53 особи (24,2%), с

веревками и синтетическими лентами значительно меньше 17/7,7% и 20/9,2% соответственно. У большей части травмированных животных (129/58,9%) материал не был дифференцирован [7].

Таким образом, основным источником травмированности морских котиков являются рыболовные снасти. Поскольку, в настоящее время происходит рост объемов промышленного рыболовства и загрязнение мирового океана орудиями лова также возрастает, то значит и случаи гибели морских млекопитающих в результате запутывания в сетях будет увеличиваться.

### Литература

1. Коршенко Е. А., Гаффорова Е. Б., Коршенко А. И. Развитие экологического предпринимательства в области использования морских отходов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность: Сб. науч. статей. Издат. Дом Финансы и Кредит, 2016. № 3. С. 59–66.
2. Минеев В. Н. Травмирование котиков обрывками орудий лова // Морские млекопитающие. Ч. 2. Киев: Наукова думка, 1975. С. 6–7.
3. Кузин А. Е. К проблеме гибели северных морских котиков в результате прямого и косвенного воздействия рыболовства // Результаты исследований морских млекопитающих Дальнего Востока в 1991–2000 гг.: Материалы к XVI совещанию рабочей группы по проекту 02.05-61. М.: Изд-во ВНИРО, 2001. С. 230–233.
4. Кузин А. Е., Набережных И. А. Состояние популяции морских котиков острова Тюленьего в 1998 г. // Результаты исследований морских млекопитающих Дальнего Востока в 1991–2000 гг.: Материалы к XVI совещанию рабочей группы по проекту 02.05-61. М.: Изд-во ВНИРО, 2001. С. 171–173.
5. Артюхин Ю. Б., Бурканов В. Н. Морские птицы и млекопитающие Дальнего Востока России: полевой определитель / РАН ДО. Камчат. ин-т эколог. и природопользов. Гос. ком. по охране и воспроизв. рыб. ресурсов и регулированию рыболовства. М.: АСТ, 1999. С. 140–192.
6. Кузин А. Е., Крупянко Н. И., Барабанщиков Е. И. Новые данные о попадании дельфина *Phocoenoides dalli* и морского котика *Callorhinus ursinus* в лососевые дрейфтерные сети в Японском море // Сб. науч. статей. Известия ТИНРО, 2003. С. 138–143.
7. Герасимова Д. А., Усатов И. А., Рядинская Н. И., Бурканов В. Н. Травмированность северного морского котика (*Callorhinus ursinus*) синтетическим мусором на лежбище острова Тюлений, Сахалин, 2017 // Морские млекопитающие Голарктики: Материалы Международ. конф. Архангельск, 2018. С. 140–141.
8. Владимиров В. А. Роль экосистемных факторов в долгопериодной динамике популяций северотихоокеанских ластоногих // Морские млекопитающие Голарктики: Материалы Международ. конф. Архангельск, 2000. С. 72–75.
9. Минеев В. Н. Охрана морских млекопитающих в СССР // Рыбное хоз-во. 1979. № 6. С. 11–13.
10. Владимиров В. А., Ащепков А. Т. Научно-исследовательские работы по морским котикам, проведенные Советским Союзом (1977–1984) гг. М.: ВНИРО, 1985. 112 с.
11. Артюхин Ю. Б., Бурканов В. Н., Никулин В. С. Прилов морских птиц и млекопитающих на дрейфтерном промысле лососей в северо-западной части Тихого океана. М.: Скорость цвета, 2010. С. 110–197.

## ПОЧВЕННАЯ МЕЗОФАУНА ИВНЯКА И ЕЕ РОЛЬ В СОХРАНЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

Л. Г. Целищева

Государственный природный заповедник «Нургуш», [tselishchevalg@mail.ru](mailto:tselishchevalg@mail.ru)

Почвенная мезофауна имеет огромное значение для функционирования экосистем суши и продуктивности биоценозов. Поймы рек характеризуются «молодостью», динамизмом, многообразием местообитаний и высокой плотностью жизни [1]. Благодаря плодородным почвам и мягкому микроклимату здесь формируются многовидовые сообщества, отличающиеся от зональных биоценозов значительным видовым богатством. На расширенных участках поймы, таких как в заповеднике «Нургуш», располагаются надежные резерваты биологического разнообразия нескольких природных зон.

Для изучения естественной динамики популяций в пойменных биогеоценозах на участке «Нургуш» заложен экологический профиль, на котором исследуются прирусловый вал, луга низкой и притеррасной поймы, широколиственные леса высокой поймы, березово-сосновый лес второй надпойменной террасы.

Из выбранных пробных площадей особенно интересен для изучения биоразнообразия ивняк, расположенный на прирусловом вале правого берега реки Вятки. В период весеннего половодья, летних и осенних паводков он находится под водой в течение определенного времени. Специфический «земноводный» режим создает особые условия функционирования растительного покрова, почв и почвообитающих организмов. Почвы аккумулируют продукты выветривания из паводковых вод. Кустарники и травянистая растительность способны к быстрому росту и накоплению больших запасов органического вещества. Почвенная мезофауна этого биотопа включает как специфических обитателей берегов рек, приспособившихся к переживанию периодов затопления, так и значительное число мигрантов, расселяющихся по «экологическому коридору» поймы.

Ивняк горцево-двуклесточниково-осоковый расположен на песчаном берегу реки Вятки ( $57^{\circ}59'558''$  с. ш.,  $48^{\circ}20'116''$  в. д.) в 119 квартале заповедника «Нургуш». За период исследования его территория значительно изменилась в результате ежегодного размыва берега р. Вятки. Береговая линия переместилась от первоначального положения примерно на 8 м вглубь заповедника. Кустарники постоянно обламывались во время весеннего половодья, отрастая вновь в летний период. Песчаный пляж, находящийся ранее от уреза воды до ивняка, полностью исчез. В настоящее время заросли ивы вплотную примыкают к кромке берега реки, песчаные почвы под кустарниками зарастают летом высокотравьем.

Ивняк образован несколькими видами ив: козьей (*Salix caprea*), пепельной (*S. cinerea*), трехтычинковой (*S. triandra*), корзиночной (*S. viminalis*). Единично встречается малина (*Rubus idaeus*) и подрост дуба (*Quercus robur*). На

площадке много незадернованных песчаных участков. Травяно-кустарничковый ярус включает 47 видов. Основу травостоя составляют двукисточник тростниковый (*Phalaroides arundinacea*), горец перечный (*Persicaria hydropiper*), осока острая (*Carex acuta*). Обычны мята полевая (*Mentha arvensis*), марь белая (*Chenopodium album*), марь многосеменная (*Chenopodium polyspermum*), вербейник обыкновенный (*Lysimachia vulgaris*), жерушник земноводный (*Rorippa amphibia*).

Материал для данного исследования собран в течение вегетационных сезонов 2008–2017 гг. методом почвенных ловушек, в качестве которых использовались пластиковые стаканы объемом 0,5 л с фиксатором (4%-ый формалин). В биотопе устанавливалась линия из 10 ловушек, которые проверялись один раз в декаду. Всего отработано 11216 ловушко-суток, собрано 57868 экземпляров беспозвоночных животных. Метод почвенных ловушек позволяет наиболее полно учитывать обитателей поверхности почвы средних размеров (мезофауну).

В результате исследований установлено, что фауна почвенных беспозвоночных в ивняке на участке «Нургуш» заповедника «Нургуш» включает 3 типа (кольчатые черви, моллюски, членистоногие) и 6 классов (малощетинковые черви, брюхоногие моллюски, паукообразные, губоногие и двупарноногие многоножки, открыточелюстные насекомые). Среди насекомых отмечены представители 18 отрядов. Это характерные обитатели почв: коллемболы, уховертки, жуки, некоторые виды клопов и перепончатокрылых. Встречен ряд видов из отрядов равнокрылые, прямокрылые, сенокосы, сетчатокрылые, чешуекрылые, двукрылые, скорпионовые мухи, блохи, у которых в почве проходят отдельные стадии жизненного цикла. Отлавливались околотовные насекомые: поденки, веснянки, стрекозы, вислоккрылки, ручейники, использующие почву как стацию переживания неблагоприятных условий.

Данные по видовому разнообразию, уловистости основных групп почвенной мезофауны ивняка представлены в таблице. Материал определен не полностью, поэтому количество видов будет пополняться. В составе мезофауны доминируют активно передвигающиеся по поверхности почвы хищники: жужелицы, пауки, сенокосцы, стафилины и муравьи, составляя 71% от численности всех собранных беспозвоночных. Обычны клопы (2,79%), листоеды (2,92%), щелкуны (1,32%) и долгоносики (0,61%). В меньшем количестве встречаются населяющие преимущественно подстильно-почвенный ярус дождевые черви (0,26%), двупарноногие многоножки (0,48%) и хищные губоногие многоножки (0,34%). Доля мертвоедов, привлекаемых в ловушки попадшими позвоночными животными, не высока (0,78%), в небольшом числе встречаются эктопаразиты мелких млекопитающих – блохи (0,18). Кроме типичных обитателей почвы в сборах регистрируются представители разных таксономических и экологических групп, что очень ценно для выявления видового богатства и описания структуры населения изучаемого сообщества.

**Состав основных групп почвообитающих беспозвоночных животных, их средняя уловистость и доля в сборах в ивняке на участке «Нургуш» в 2008–2017 гг. (по данным почвенных ловушек)**

№ п/п	Группа	Количество видов	Средняя уловистость, экз./100 л.с.	%
1	Дождевые черви	4	1,36	0,26
2	Моллюски	4	2,34	0,45
3	Пауки	42	139,79	27,09
4	Сенокосцы	5	34,05	6,60
5	Двупарноногие многоножки	4	2,45	0,48
6	Губоногие многоножки	6	1,76	0,34
7	Клопы	12	14,42	2,79
8	Жужелицы	96	143,4	27,79
9	Стафилины	–	28,90	5,60
10	Мертвоеды	11	4,01	0,78
11	Щелкуны	20	6,92	1,34
12	Долгоносики	10	3,14	0,61
13	Листоеды	55	15,08	2,92
14	Муравьи	9	19,06	3,69
15	Блохи	5	0,91	0,18
16	Другие беспозвоночные	–	79,12	15,33
	Итого, экз.		57868	
	Итого, ловушко-суток		11216	
	Общая средняя уловистость, экз. /100 л.с.		515,9	

*Примечание:* – материал определен не полностью.

Общая уловистость в исследованном биотопе в среднем за год составляет 515,9 экз./100 л.с. Это примерно в 1,5 раза выше, чем в широколиственных лесах [2], и в 1,5 раза ниже, чем на лугах [3]. Соотношение численности основных групп почвенных беспозвоночных в пойменных сообществах сходно. В отличие от других биоценозов экологического профиля в ивняке наблюдается низкая численность дождевых червей, двупарноногих и губоногих многоножек, более высокая – листоедов и долгоносиков.

Далее приводится характеристика наиболее полно изученных групп почвенной мезофауны исследуемого биоценоза.

Из моллюсков в ивняке отмечены янтарка (*Succinea putris*), кустарниковая улитка (*Bradybaena fruticum*), гладкий слизень (*Deroceras leave*) и сетчатый слизень (*Deroceras reticulatum*), последний найден только в этом биоценозе.

Расположение ивняка у воды и периодическое его затопление, а также слабо развитая подстилка, приводят к обеднению видового состава и общей низкой численности многоножек. Характерный вид только данного биотопа – косянка *Lamytetes emarginatus*, которая способна выживать в подобных условиях, так как откладывает яйца, устойчивые к затоплению [4]. Из губоногих многоножек отсутствуют геофилиды, из литобииид отмечены *Monotarsobius*

*curtipes*, *M. crassipes*, *Lithobius kozminycki*, *L. lucifugus*, *Hessebius multicalcaratus*. Фауна диплопод включала четыре вида, из них наиболее обильны *Megaphyllum sjaelandicum* и *Rossiulus kessleri*, ниже попадаемость была у характерного обитателя поймы *Brachyiulus jawlowskii*, единично отмечался *Ommatoiulus sabylosus*.

В ивняке обнаружено 42 вида пауков, среди них 26% видов не встречаются в других биотопах: *Bathypantes reprobus*, *Clubiona germanica*, *Erigone atra*, *Erigone dentipalpis*, *Gnathonarium dentatum*, *Halorates distinctus*, *Hyllyphantes graminicola*, *Hypomma bituberculatum*, *Oedothorax apicatus*, *Silometopus elegans*, *Walckenaeria vigilax* [5]. Специфика населения пауков данного биотопа: наличие в доминантном комплексе паука-балдахинника *Halorates distinctus* [5].

Сенокосцы представлены пятью видами. Как и на всем экологическом профиле массовыми были *Oligolophus tridens* и *Lacinius ephippiatus*, небольшую численность имели *Lophopilio palpinalis* и *Nemastoma lugubre*. Только в ивняке встречался вид *Mitopus morio*.

В ивняке отмечено наибольшее видовое богатство жуужелиц – 96 видов. Среди массовых видов в нем присутствовали *Bembidion gilvipes*, *Bembidion quadrimaculatum*, *Poecilus cupreus*, *Pterostichus anthracinus*, *Harpalus rufipes*. Обычными были *Carabus cancellatus*, *Carabus granulatus*, *Trechus secalis*, *Bembidion semipunctatum*, *Patrobis atrorufus*, *Pterostichus niger*, *Calathus melanocephalus*, *Oxytelus obscurus*. В ивняке собрано около 40 видов, не отмеченных в других биотопах, например, *Omophron limbatum*, *Dolichus halensis*, *Amara fulva*, *Stenolophus mixtus*.

Среди щелкунов отмечена своеобразная группа видов, характерная только для ивняка: это *Negastrius pulchellus* и *Cidnopus aeruginosus*, личинки у которых развиваются в песчаных почвах прируслового вала. Данный биотоп населяют виды, предпочитающие влажные почвы по берегам рек: *Hypnoidus riparius*, *Actenicerus sjaelandicus*, *Aplotarsus incanus*, *Oedostethus tenuicornis*, *Ampedus praeustus*, последний из них встречен только здесь [6].

Высокое видовое разнообразие мертвоедов (11 видов) в ивняке сопряжено с невысокой их численностью. В этом биотопе доминирует *Nicrophorus vespillo*, а многочисленны *Silpha carinata* и *Nicrophorus vespilloides*. Единичными экземплярами представлены виды *Thanatophilus sinuatus* и *Nicrophorus investigator*. Индикаторным видом ивняка можно считать *Thanatophilus dispar*, который приурочен к околородным станциям [7].

В ивняке отмечено девять видов муравьев, из них наиболее обильными были *Lasius niger*, *L. platythorax*, *Myrmica rubra*, *M. ruginodis*, реже встречались *M. sulcinodis*, *M. gallieni*. Судя по малому количеству особей, попавших в ловушки за все время учетов, они не обитают в нем. В данный биотоп заходят лишь отдельные фуражиры, а гнезда этих видов располагаются в соседних луговых или лесных биотопах. Такие виды, как *Formica fusca* и *F. uralensis*, были обнаружены только один раз после летнего паводка 2009 года, они могут быть отнесены к лабильному компоненту населения (мигрантам) [8].

Ивняк – место обитания редких видов. Здесь изредка встречается *Carabus menetriesi* – редкий вид, занесенный в Красную книгу Российской Федерации и Кировской области, стабильное состояние популяции имеет «краснокнижный» усач *Lamia textor*.

В исследуемом биотопе регулярно регистрируются находки видов, новых не только для заповедника, но и для Кировской области: жужелица *Dyschirius angustatus*, водолюб *Hydrophilus piceus*, блестянка *Eपुरаеа carpatica*, пластинчатоусый жук *Aphodius ivanovi* и др.

Пойма реки служит надежным резерватом сохранения исходного биоразнообразия, а также путем миграций и расселения видов. Фауна ивняка наиболее изменчива из всех сообществ экологического профиля на участке «Нургуш». Кроме коренных обитателей данного биоценоза, связанных с ивняками на песчаных почвах, большую долю составляют виды-мигранты, которые в случае необходимости могут пополнить сообщества близлежащих территорий. Это как характерные обитатели таежной зоны (щелкуны *Аgrуpnus murinus*, *Liotrichus affinis*), так и теплолюбивые виды более южных регионов (степной вид жужелиц *Dolichus halensis*, неморальные виды щелкунов: *Aplotarsus hirtus*, *Paraphotistus nigricornis*), и холодолюбивые представители (тундровые виды: щелкун *Negastrius pulchellus* и долгоносик *Phyllobius dahlі*).

#### Литература

1. Добровольский Г. В. Генезис, эволюция и охрана почвенного покрова пойм Нечерноземной зоны РСФСР // Научные основы оптимизации и воспроизводства плодородия аллювиальных почв Нечерноземной зоны РСФСР. М., 1991. С. 3–14.
2. Целищева Л. Г. Почвенная мезофауна широколиственных лесов заповедника «Нургуш» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. Киров: ВятГУ, 2018. Кн. 2. С. 189–194.
3. Целищева Л. Г. Структура и динамика населения почв пойменных лугов в заповеднике «Нургуш» в 2008–2015 гг. // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. Киров: ВятГУ, 2017. Кн. 2. С. 203–207.
4. Фарзалиева Г. Ш., Целищева Л. Г. Население многоножек (Муrіароdа) некоторых биоценозов заповедника «Нургуш» // Научные исследования как основа охраны природных комплексов заповедников и заказников: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2009. С. 155–159.
5. Есюнин С. Л., Целищева Л. Г. Население герпетобионтных пауков (Аrаnеі) некоторых биоценозов заповедника «Нургуш» // Научные исследования как основа охраны природных комплексов заповедников и заказников: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2009. С. 85–90.
6. Целищева Л. Г., Рогожникова Е. В., Юферев Г. И. Население щелкунов (Coleoptera, Elateridae) пойменных сообществ реки Вятки (на примере заповедника «Нургуш») // Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: современное состояние и перспективы: Материалы Всерос. конф. с междунар. участием. Кологрив: Государственный заповедник «Кологривский лес», 2018. С. 241–245.
7. Целищева Л. Г., Рогожникова Е. В., Юферев Г. И. Население мертвоедов (Coleoptera, Silphidae) долины реки Вятки в 2008–2017 гг. (на примере заповедника «Нур-

гуш») // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. Киров: ВятГУ, 2018. Кн. 2. С. 204–208.

8. Гилев А. В., Целищева Л. Г., Юферев Г. И. Особенности мирмекофауны пойменных биоценозов заповедника «Нургуш» // Научные исследования как основа охраны природных комплексов заповедников и заказников: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2009. С. 75–77.

## УЧЕТЫ ЧИСЛЕННОСТИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ЦЕНТРАЛЬНОСИБИРСКОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

*С. П. Чернышев, О. В. Масленникова*

*ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,  
olgamaslen@yandex.ru*

Микромаммалии являются важной составной частью биологической пищевой цепочки. Они служат основной пищей представителей семейства куньих и некоторых псовых. Одним из ценных пушных зверьков заповедника является соболь (*Mustella zibetica*). Изучение питания этого ценного пушного зверя – одна из задач Центральносибирского заповедника. Наиболее доступный и обильный корм его – мелкие млекопитающие, которыми хищник питается круглый год. Соболь использует разнообразные корма, в зависимости от сезона года и от физиологического состояния организма зверя. Отсутствие или недостаток нужных кормов вызывает активный поиск и соответственно приводит к массовым миграциям. В тех регионах, где в питании зверя основные (главные) взаимозаменяемые корма мелкие грызуны и растительная пища (ягоды, кедровые орехи) в динамике численности соболя прослеживаются внутривековые циклы продолжительностью 3–4 года и 7–12 лет [1]. В связи с этим изучение и учеты мелких млекопитающих Центральносибирского заповедника являются актуальной задачей.

Сбор материалов проводился с 15 июля по 10 сентября 2018 г. на территории Государственного природного биосферного заповедника «Центральносибирский» в местах, отведенных для хозяйственной деятельности, согласно «Лесохозяйственному регламенту» и «Проекту освоения лесов». Учет проводился методом ловушко – линий [2, 3]. На расстоянии 2–3 метров друг от друга были поставлены плашки Геро в количестве 50 шт. В качестве приманки использовался подсушенный или слегка поджаренный хлеб, пропитанный растительным маслом. Пойманные зверьки взвешивались и с них снимались морфометрические показатели [4, 5] для более точного определения видов [6].

В результате учетов был пойман 91 зверек: 73 в пойме р. Подкаменная Тунгуска, 15 в пойме р. Столбовая и 3 на кордоне Комса. Зарегистрировано 8 видов мелких млекопитающих, которые относятся к двум отрядам: Грызуны – Rodentia и Насекомоядные – Eulipotyphla, из них 5 видов насекомоядных и 3 вида грызунов (табл.).

Основную долю учтенных мелких млекопитающих составили представители отряда Насекомоядных (Eulipotyphla) семейства Землеройковые

(Soricidae) рода бурозубки (*Sorex*). Всего было поймано 72 бурозубки. Виды данного рода встречались во всех биотопах. Полевки чаще всего встречались на открытых местностях в поймах рек, всего было учтено 19 зверьков.

Соотношение бурозубок и полевок составило соответственно 79,1% и 20,9% с преобладанием насекомоядных почти в 4 раза.

Таблица

### Результаты учета мелких млекопитающих

№	Название вида	Число особей (n)
Отряд Насекомоядные – <i>Eulipotyphla</i>		
1	Малая бурозубка – <i>Sorex minutus</i>	18
2	Средняя бурозубка – <i>Sorex caecutiens</i>	12
3	Равнозубая бурозубка – <i>Sorex isodon</i>	3
4	Обыкновенная бурозубка – <i>Sorex araneus</i>	24
5	Крошечная бурозубка – <i>Sorex minutissimus</i>	15
Отряд Грызуны – <i>Rodentia</i>		
1	Красная полевка – <i>Cletrionomis rutilus</i>	2
2	Красно-серая полевка – <i>Cletrionomis rufocanus</i>	8
3	Рыжая полевка – <i>Cletrionomis glareolus</i>	9
<i>Всего:</i>		91

Процентное соотношение отловленных видов мелких млекопитающих на всех учетных площадках отражено на рисунке 1.



Рис. 1. Процентное соотношение учтенных видов мелких млекопитающих в заповеднике на всех учетных площадках

Доминирующим видом является обыкновенная бурозубка – 26%, субдоминантами выступают малая бурозубка и крошечная бурозубка – 18% и 17% соответственно. Встречи равнозубой бурозубки и красной полевки составили соответственно 4% и 2%.

Процентное соотношение отловленных бурозубок (72 особи) отражено на рисунке 2. Доминирующим видом является обыкновенная бурозубка, второе место занимает малая бурозубка. Меньше всего встречались средняя бурозубка (18%) и равнозубая бурозубка (4%).



Рис. 2. Процентное соотношение учтенных видов бурозубок в заповеднике на всех учетных площадках

Полевки встречались в основном только вблизи берега. Всего было поймано 19 зверьков. Наиболее редко встречалась красная полевка, несмотря на то, что она является исконно сибирским видом. Рыжая и красно – серая полевки встречались почти в равном соотношении: 47% и 42%. Рыжая полевка занимает лидирующее положение среди грызунов (47%), хотя по происхождению она является истинно европейским видом.

В результате учетов была отловлена 91 особь мелких млекопитающих, относящихся к двум отрядам: Грызуны – Rodentia и Насекомоядные – Eulipotyphla, из них 5 видов насекомоядных и 3 вида грызунов. Преобладали среди них бурозубки – 72 зверька. Соотношение полевок и бурозубок 1: 4. Грызуны предпочитали открытые биотопы в поймах рек, бурозубки равномерно занимали все биотопы. Среди мелких млекопитающих в биотопах доминировали европейские виды, как среди насекомоядных (обыкновенная бурозубка), так и среди грызунов (рыжая полевка).

### Литература

1. Буянов И. Ю., Буянов Н. Ю. Питание соболя в средней тайге // Летопись природы заповедника Центральносibirский. 2017. С. 73–86.
2. Кучерук В. В. Новое в методах количественного учета вредных насекомоядных и грызунов // Организация и методы учета вредных грызунов и птиц. М.: Из-во АН СССР, 1963. С. 160–188.
3. Попов В. А. О стандартизации методики учета мелких млекопитающих и мышевидных грызунов // Материалы по грызунам: Фауна и экология грызунов. М.: Изд-во МГУ, 1967. Вып. 8. С. 197–202.
4. Бобринский Н. А., Кузнецов Б. А., Кузякин А. П. Определитель млекопитающих СССР. М.: Просвещение, 1965. 382 с.
5. Кузнецов Б. А. Определитель позвоночных животных фауны СССР (В 3-х ч.) Пособие для учителей. Ч. 3. Млекопитающие. М.: Просвещение, 1975. 208 с.
6. Павлинов И. Я., Крускоп С. В., Варшавский А. А., Борисенко А. В. Наземные звери России. Справочник-определитель. М.: Изд-во КМК, 2002. 298 с.

Научное издание

ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ:  
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции

с международным участием

16–18 апреля 2019 г.

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова

Дизайн обложки: А. С. Тимонов

Подписано в печать 10.04.2019 г. Печать цифровая.

Бумага для офисной техники.

Усл. печ. л. 20,24. Тираж 50 экз. Заказ № 5719.

Отпечатано с готового оригинал-макета в центре полиграфических услуг

Вятского государственного университета.

610000, г. Киров, ул. Московская, 36.