

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
XVII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

26–27 апреля 2022 г.

Книга 1

Киров 2022

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

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

Ответственный редактор:

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

Редакционная коллегия:

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

Э 400 Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 1. (г. Киров, 26–27 апреля 2022 г.). – Киров: ВятГУ, 2022. – 450 с.

ISBN 978-5-98228-250-7 (Книга 1)
ISBN 978-5-98228-249-1

В материалах XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Экология родного края: проблемы и пути их решения» обсуждаются результаты мониторинга состояния окружающей среды и экологические проблемы регионов России и ближнего зарубежья. Рассматриваются проблемы обращения с отходами, обсуждаются подходы к оценке состояния биологических систем, методы экологического мониторинга, дистанционные методы исследований. Особое внимание отводится 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.

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

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

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

ISBN 978-5-98228-250-7 (Книга 1)
ISBN 978-5-98228-249-1

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (ВятГУ), 2022

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНА

<i>Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В., Тарасова Е. М.</i> Развитие зеленого хозяйства в городе Кирове: проблемы и перспективы	11
<i>Гордеева Е. М., Дресвянникова К. Д., Вокуева Е. Е.</i> Лесоклиматические проекты для целей декарбонизации регионов России: актуальное правовое обеспечение	16
<i>Рутман В. В., Кантор Г. Я., Ашихмина Т. Я.</i> Мониторинг городских зеленых насаждений с применением ГИС-технологий	19
<i>Ашихмина Т. Я., Кулаков В. Н., Кутявина Т. И.</i> Методическое обеспечение мониторинга атмосферного воздуха в районе предприятий по обезвреживанию отходов производства	23
<i>Чернышова А. Г., Насибулина Б. М., Капизова А. М.</i> Экологическая оценка атмосферного воздуха санитарно-защитной зоны промышленного комплекса в Астраханской области	27
<i>Рутман В. В., Хето М. Х., Кулаков В. Н., Ашихмина Т. Я.</i> Оценка состояния атмосферного воздуха городской среды	32
<i>Кургузкин М. Г., Вершинина Е. С.</i> Опыт использования микростанций на платформе CityAir для мониторинга атмосферного воздуха в городской среде	38
<i>Ильсоева А. Р., Каримова Р. И.</i> О влиянии загрязнения атмосферного воздуха в Республике Татарстан на заболеваемость населения	41
<i>Шафикова Ю. И., Степанова Н. Ю.</i> Экологический риск здоровью населения при загрязнении атмосферного воздуха города Казани	45
<i>Матюхин И. А., Субботина Д. А., Ланько А. В., Качор О. Л.</i> Оценка качества атмосферного воздуха на основании снегохимической съемки	49
<i>Аристархова Е. В., Петренко Д. Б.</i> Оценка состояния снега города Воскресенска Московской области	53
<i>Пилип Л. В., Сырчина Н. В.</i> Экологические риски и приоритеты экологического развития животноводства	56
<i>Игнашев Н. Е.</i> Ресурсный потенциал использования редких видов птиц на территориях урбанизированных ландшафтов Республики Татарстан	60
<i>Сафонов А. И.</i> Фитомониторинг в решении экологических проблем степной зоны Восточной Европы	62
<i>Солдатова А. В., Хапкина А. В.</i> Растения природного парка «Малиновая засека» с ранневесенним цветением	66
<i>Деревянных А. К., Даровских Л. В.</i> Содержание биологически активных веществ в экстрактах иван-чая	69
<i>Злобина В. М., Фокина А. И.</i> Исследование динамики выхода антиоксидантов из композиции бетулина на основе желатина	73

Ашихмина А. Э., Зимонина Н. М. Оценка экологического состояния природных объектов северо-западного района г. Кирова	75
Смирнова В. И., Сидорова Е. А., Матушкин А. С. Динамика восстановительных сукцессий на землях сельскохозяйственных угодий в пределах таежных ландшафтов Вятско-Камского Предуралья	80
Зиганшин И. И., Иванов Д. В., Хасанов Р. Р. Динамика морфометрических параметров Атабаевских озер Волжско-Камского заповедника	85
Терентьева М. В., Овчинникова Д. Д., Глинова У. А., Адамович Т. А. Исследование влияния рекреационных ресурсов на водоемы города Кирова.....	89
Стрекозова А. Д., Адамович Т. А., Береснева Е. В. Изучение особенностей химического состава прудов микрорайона «Чистые пруды»	92
Агеева Т. Н., Пускова В. М. Проблема содержания нитратов в питьевой воде и продуктах растительного происхождения	94
Кужина Г. Ш., Исянгузин А. Р. Анализ загрязнения тяжелыми металлами донных отложений озера Графское на территории Баймакского района Республики Башкортостан	97
Кобечинская В. Г., Пышкин В. Б., Климова Ю. В. Влияние эколого-социальных факторов на развитие онкозаболеваний в Восточном Крыму	101
Скугорева С. Г., Кантор Г. Я. Изучение процессов сорбции ионов свинца(II) высшими грибами	105
Панасенко А. Е., Ярусова С. Б., Гордиенко П. С., Паротькина Ю. А. Извлечение ионов Sr^{2+} из растворов с различным солевым фоном сорбентом на основе алюмосиликата бария из соломы риса	109
Плотникова О. А., Тихомирова Е. И. Селективный флуоресцентный метод для экологического мониторинга полициклических ароматических углеводов	112
Медведева А. С., Арляпов В. А., Миронов В. Г. Формирование рецепторной системы на основе дрожжей <i>Blastobotrys adeninivorans</i> и медиатора нейтрального красного для экспресс-определения индекса биохимического потребления кислорода.....	116
Гюльмисарян Е. В., Гершкович Д. М. Влияние объема среды на формирование острого токсического эффекта воздействия бихромата калия на примере ракообразных <i>Daphnia magna</i> Straus	119
Ярусова С. Б., Вишкова Т. С., Иваненко Н. В. Организация международного экологического форума как средство выработки стратегических направлений в области охраны окружающей среды в Азиатско-Тихоокеанском регионе	122
Солдатова В. В., Матвеева Ю. Г. Оценка жизненного цикла мясного продукта	125

Петраш В. В. Метод реоплетизмографии легких в комплексном экологическом мониторинге окружающей среды.....	130

СЕКЦИЯ 2

ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Ашихмина Т. Я., Пугач В. Н., Албегова А. В. Подходы, технологии и опыт в обращении с промышленными и бытовыми отходами.....	134
Кондаурова В. А. Региональный опыт управления твердыми коммунальными отходами.....	140
Мусихина Т. А., Пинаева Е. А. Квартал как территориальная единица управления в системе обращения с твердыми коммунальными отходами в городе Кирове.....	144
Плато Т. Н. О правовых и организационных проблемах внедрения раздельного накопления твердых коммунальных отходов	148
Мещерякова Л. Н., Холоденко А. В. Анализ объемов образования полезного компонента в составе отходов потребления в условиях студенческого общежития	153
Суксин Н. Е., Шумилова М. А. Нитрилотрисметилефосфонатоцинкат натрия – продукт утилизации отходов гальванического производства.....	158
Хранилов Ю. П., Мамаев В. И., Лобанова Л. Л., Еремеева Т. В. Некоторые экологические аспекты эксплуатации оборудования гальванических производств	163
Хитрин С. В., Кобликов Е. С. Очистка стоков электрохимического никелирования.....	166
Возженников Е. В., Фукс С. Л. Разработка адсорбционного картриджа для очистки выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания	168
Малышева А. В., Сырчина Н. В. Сорбция тяжелых металлов глауконитсодержащими хвостами обогащения фосфоритов Вятско-Камского месторождения.....	171
Иванова Н. Н., Сырчина Н. В., Мартынова Е. В. Натуральный мелиорант для восстановления плодородия почв с карбонатным типом засоления	175
Вершинин А. А., Утомбаева А. А., Кузнецова Т. В., Петров А. М. Влияние гранулята осадка сточных вод на дыхательную активность и токсичность нефтезагрязненной серой лесной почвы	180
Князев А. Я., Пермькова К. В., Десятерикова С. В. Выбор растворителя для экстракции бетулина из коры березы	185
Тарбеева Н. А., Рублева О. А. Повышение экологичности деревообрабатывающих производств за счет внедрения инновационных технологий переработки древесных отходов	188
Твердов И. Д., Мишагин К. А., Готлиб Е. М. Получение наполнителей на основе отходов рисового производства.....	191

Зыкина Ю. Н., Бабина А. А., Фукс С. Л. Исследование условий попадания ионов кобальта в донные отложения из сточных вод металлургического производства.....	193
Бабина А. А., Зыкина Ю. Н., Фукс С. Л. Исследование условий попадания ионов Ni^{2+} в донные отложения при сбросе сточных вод машиностроительного производства.....	198
Чернышова А. Г., Капизова А. М. Загрязнение окружающей среды пластиковыми отходами и эффективные методы решения экологической проблемы	201
Иванов М. А. Загрязнение пластиком как экологическая проблема мирового масштаба.....	205
Рак А. Н., Гершкович Д. М. Формирование токсического эффекта меди в присутствии частиц полимерных материалов на примере пресноводных ракообразных <i>Daphnia magna</i> Straus	208
Солдатова В. В., Агаханянц П. Ф. Исследование методик расчета выбросов углекислого газа при обращении с твердыми коммунальными отходами	212

СЕКЦИЯ 3 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Файзулина Р. Ф., Бускунова Г. Г. Содержание тяжелых металлов в питьевой воде Хайбуллинского района Республики Башкортостан	216
Парфенова М. В., Кулаков В. Н., Березин Г. И. Оценка загрязнения тяжелыми металлами и нефтепродуктами воды малых рек города Кирова.....	218
Саттаров М. Э., Сиддиков С. Ш. Современное состояние окружающей среды Чарвакского водохранилища	222
Бабунова Ю. М., Радугина О. Г., Чепрасова А. С., Свердлова Н. Д., Петренко Д. Б. Мониторинг гидрохимических показателей реки Яуза на территории г. Мытищи (Московская область)	225
Гинатуллина Е. Н. Оценка качества воды озер Каракалпакии (Узбекистан) с помощью индексов зоопланктона	229
Белик А. В., Суров И. Л. Оценка состояния поверхностных водоемов Воронежской области на примере озер Глубокое и Круглое	234
Ночвина М. С., Соколова Т. Л., Мурадова Л. В. Биоразнообразие и количественные показатели сообществ макрозообентоса некоторых рек Мантуровского участка Государственного природного заповедника «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына».....	237
Гречухина Л. Г., Любина О. С. Состав и структура фитопланктона в акватории Саралинского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника.....	242

Герасимов Ю. Л. Ракообразные пруда парка Победы г. Новокуйбышевска (Россия)	246
Кутявина Т. И., Вартан И. А., Шемякина Е. В., Тимина В. В. Результаты гидрохимического анализа водных экосистем на территории Государственного природного заказника «Былина»	249
Цветкова Е. А., Полетаева В. И. Оценка воздействия промышленных сточных вод на качество вод реки Ангара в период снижения техногенной нагрузки	253
Сафиуллин Э. М., Никитина Е. Л. Экологические проблемы искусственных водоемов	258
Кузьмин Л. С., Шевчук К. А., Гайсин А. Р., Степанова Н. Ю. Микропластик в воде и донных отложениях Мешинского залива	260
Зайцева Е. В. Суммационный интегратор антропогенной нагрузки в городах Донбасса по данным фитомониторинга	264
Суецкая Я. А. Экспресс-фитодиагностика экологического состояния геолокалитетов города Донецка	267
Дайнеко Н. М., Тимофеев С. Ф., Бондарева А. В. Мониторинг состояния луговых экосистем поймы р. Ипуть после катастрофы на ЧАЭС	270
Кутявина Т. И., Ашихмина Т. Я. Применение методов фитоиндикации для оценки степени загрязнения и эвтрофирования крупнейших водохранилищ Кировской области	274
Бускунова Г. Г. Биогеохимическая активность растений <i>Prunus padus</i> L., <i>Rubus saxatilis</i> L., <i>Origanum vulgare</i> L. в естественных сообществах Бурзянского района Республики Башкортостан	278
Канев В. А. Материалы к флоре высших сосудистых растений устья реки Няртсюю (Национальный парк «Югыд ва», Северный Урал Республики Коми)	281
Горностаева А. А. Оценка состояния окружающей среды г. Красноярска по флуктуирующей асимметрии вяза мелколистного	287
Лукина Н. В., Чувашева Е. А., Филимонова Е. И., Глазырина М. А. Изменение анатомо-морфологических характеристик хвои <i>Pinus sylvestris</i> L. вблизи шламохранилища Богословского алюминиевого завода	291
Лемешевский А. И. Сосна обыкновенная как индикатор состояния рекреационных зон урбанизированной территории города Красноярска	295
Подлевских М. М., Кондакова Л. В. Биоиндикационная оценка экологического состояния лесных экосистем в районе памятника природы регионального значения «Дендропарк лесоводов Кировской области»	299
Жуйкова И. А., Лалетин Д. С. Аэропалинологический мониторинг на территории города Кирова	302
Манжос М. В., Власова Н. В., Мазоха К. С., Кавеленова Л. М., Хабибулина Л. Р. Аэропалинологический мониторинг как условие оценки экологического риска развития аллергических заболеваний у населения	306

Сычев К. В., Низамов Р. Н., Фазульянова А. Р., Мукминов М. Н.	
Накопление и распределение железа в организме пчел и продуктах пчеловодства в различных районах Республики Татарстан.....	310
Бускунова Г. Г. Особенности содержания тяжелых металлов в дикорастущих видах растений на фоновых территориях Республики Башкортостан	313
Елец А. А., Исупова М. В., Гребенев И. Р., Лучинин Г. А., Товстик Е. В. Количественная оценка содержания меди в плодах и листьях рябины обыкновенной, рябины черноплодной, облепихи крушиновидной и шиповника собачьего	318
Карпова Т. В., Товстик Е. В. Исследование содержания микроэлементов в микрозелени, реализуемой в торговой сети города Кирова.....	320
Саттаров М. Э., Сакиев К. Б., Туракулова Д. Э., Мехрибонова С. А. Биоэкологические особенности Зааминского национального природного парка.....	323
Топова С. В. Реализация проекта «Речной дозор» для достижения целей национального проекта «Экология»	327
Юмшанова Е. А., Уланов А. Н. Интенсивность дыхания выработанных торфяников в зависимости от степени сработки и глубины осушения (на примере торфомассива «Гадовское» Оричевского района Кировской области)	331
Матвеева Ю. Г., Солдатова В. В. Экологический мониторинг содержания загрязняющих веществ в почвенном покрове и водном объекте парка Малиновка Красногвардейского района Санкт-Петербурга	334

СЕКЦИЯ 4 ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

Крийт В. Е., Сладкова Ю. Н., Волчкова О. В., Скляр Д. Н.	
Суммарный показатель загрязнения в оценке качества почвы и донных отложений.....	340
Прокашев А. М., Соболева Е. С., Вартан И. А., Есипова Т. В., Чипилев К. А. Актуальные подходы к сбережению почвенного наследия	345
Денева С. В., Лаптева Е. М., Холопов Ю. В., Шахтарова О. В., Уляшев А. В., Семяшкин Р. В. Специфика подзолистых почв экотонной полосы «средняя тайга – южная тайга» (на примере национального парка «Койгородский»).....	350
Прокашев А. М., Чепурнов Р. Р., Матушкин А. С., Соболева Е. С., Вартан И. А., Есипова Т. В. Погребенные почвы долинных зандров – свидетели древнеэоловых процессов в бассейне р. Вятки	356

Филимонова А. В., Кононова О. Е. Палеопалинологическое исследование торфяников в реконструкции изменения климата и растительного покрова голоцена	361
Копысова И. В., Корепанова А. П. Изучение состояния лесных почв на территории Удмуртской Республики	366
Пищулина Л. С., Яблонских Л. А., Гебретинское Менгеша М. Физико-химические и химические свойства почв селитебной и рекреационной зон правобережной части городского округа город Воронеж	370
Адамович Т. А., Олькова А. С., Товстик Е. В., Сысолятина М. А. Определение взаимосвязей физико-химических и интегральных экологических показателей состояния урбаноземов вблизи железной дороги.....	374
Скребенков Е. А., Кряжева Е. Ю. Оценка содержания кадмия и свинца в почвах города Ухта.....	379
Петров С. В., Салихов Д. Г., Елышев Н. В. Содержание тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан	382
Горбунова Н. С., Куликова Е. В. Миграционные циклы тяжелых металлов в лесных ландшафтах каменной степи	386
Иовчева А. Д. Влияние изменения гранулометрического состава серой лесной почвы на ее способность к поглощению ионов меди.....	391
Помелова Е. Е., Товстик Е. В. Подвижность и распределение железа в почве в зависимости от формы железосодержащих микроудобрений	396
Мальцева А. Н., Пинский Д. Л. Влияние минеральной среды на динамику органического вещества в процессе разложения растительных остатков в модельном эксперименте	399
Ковалева В. А., Лаптева Е. М., Денева С. В., Панюков А. Н., Виноградова Ю. А. Влияние ландшафтных условий на функционирование микробных сообществ почв постагрогенных экосистем (Республика Коми).....	402
Зайнулгабидинов Э. Р., Игнатьев Ю. А., Петров А. М., Утомбаева А. А., Зайнулгабидинов А. Э. Изменение состава нормальных углеводов пшеницы и гороха после культивирования на нефтезагрязненной аллювиальной луговой почве	406
Капизова А. М., Чернышова А. Г. Загрязнение окружающей природной среды огнетушащими веществами и экологические последствия их воздействия	410
Носова М. В., Середина В. П. Профильное распределение легкорастворимых солей в почвах при загрязнении их минерализованными жидкостями (Западная Сибирь)	414
Дабах Е. В., Кислицына А. П. Микроэлементы в системе почва – растения <i>Phragmites australis</i> на техногенной территории	416

Смотрина Ю. А., Лаптева Е. М., Захожий И. Г., Далькэ И. В. Влияние <i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden. на ферментативную активность постагрогенных почв (средняя тайга Республика Коми)	419
Каримуллин Л. К., Петров А. М., Князев И. В. Влияние фиторекультивации на ферментативную активность нефтезагрязненных аллювиальных луговых почв	423
Безлер Н. В., Цомая В. Д., Стахурлова Л. Д. Влияние ризосферного эффекта на активность фосфатаз в черноземах выщелоченных	427
Климова М. В., Карчава Ш. К., Ажогина Т. Н., Хмелевцова Л. Е., Сазыкин И. С. Интегральная токсичность и генотоксичность сельскохозяйственных почв Ростовской области	430
Карчава Ш. К., Климова М. В., Хаммами М. И. Оценка токсичности естественных и антропогенно-измененных почв Ростовской области при помощи lux-биосенсоров	434
Набиуллин Р. Ш., Хузиахметов Р. Х., Афанасьев С. В., Сазанов А. В. Технология производства пролонгированного карбамидо-формальдегидного удобрения и оценка его влияния на активность микрофлоры почвы, загрязненной углеводородами.....	436
Мартынов М. В., Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Кулаков В. Н., Кузнецов Д. А. Влияние глауконитсодержащих мелиорантов на подвижность тяжелых металлов в почвах, загрязненных отходами животноводства	442
Седукова Г. В., Автушко М. И., Исаченко С. А., Тимченко Е. А. Внесение древесной золы в почву как способ повышения качества растениеводческой продукции	447

СЕКЦИЯ 1

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНА

650-летию города Кирова посвящается

РАЗВИТИЕ ЗЕЛЕННОГО ХОЗЯЙСТВА В ГОРОДЕ КИРОВЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Т. Я. Ашихмина^{1, 2}, Л. В. Кондакова^{1, 2}, Е. М. Тарасова³

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

² Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com

³ Государственный природный заповедник «Нургуш»

Приближается 650-летие города Кирова. Рассмотрены проблемы озеленения городской среды. Обосновываются научные подходы по выращиванию ценных пород деревьев и кустарников и одновременно проведение работ по удалению ряда инвазивных видов растений. Предложены инициативы для развития зеленых насаждений в городской среде.

Ключевые слова: озеленение городской среды, деревья, кустарники, инвазивные виды растений.

В июне 2024 г. наш город Киров будет праздновать свое 650-летие. Юбилейная дата солидная и ответственная для органов власти, учреждений образования, предприятий, общественности и конечно для всех горожан. Безусловно, каждому жителю нашего города хочется видеть свой родной город во всем его великолепии и, прежде всего, зеленым, цветущим, нарядным и уникально обустроенным. Город для этого имеет большие перспективные возможности. В городе проживает большое количество профессиональных и народных художников, которые любят свой город и отражают его красоты на своих полотнах. В городе трудится целая плеяда опытных скульпторов, мастеров народного творчества, которые коллекциями своих работ могут создать музеи под открытым небом, открыть народные мастерские с привлечением обучающейся молодежи. Знаменит город мастерами – архитекторами еще со времен уникального зодчего архитектора Ивана Аполлоновича Чарушникова, который в наследие города создал и оставил более 35 уникальных объектов, в том числе по его проекту создавались особняк Булычёва на улице Ленина, Серафимовская церковь и многие другие архитектурные произведения, украшающие и сегодня наш город.

Великолепен ландшафт нашего города. Город расположен на семи холмах и, соответственно имеет столько же оврагов, каждый из которых ждет своей очереди по благоустройству и развитию.

В центре города Кирова располагается ботанический сад. О его значении архитектор Никита Иванович Козлов в послевоенные лихие годы в газете «Кировская правда» от 29 сентября 1945 года отмечал, что ботанический сад должен стать крупнейшим научно-исследовательским центром, живым музеем растительного мира и местом культурного отдыха горожан.

Полвека спустя наш город входил в десятку самых зеленых городов нашей страны. Площадь города была большая, плотность населения не высокая. Город активно развивался. С созданием нового жилого фонда, строительством новых предприятий происходило озеленение территории, улиц города, создавались новые скверы и парки: им. С. М. Кирова, Ю. А. Гагарина, маршала И. С. Конева, парк Победы, парк им. 50-летия ВЛКСМ у Дворца пионеров, сквер Трудовой славы и др.

Однако в настоящее время состояние зеленых насаждений городской среды нуждается в серьезном грамотном внимании и обновлении. По санитарно-гигиеническим требованиям на одного жителя нашей страны должно приходиться 11,2 м², в то время как у нас в городе на сегодняшний день эта цифра в 2 раза меньше и составляет лишь 6,8 м² на человека. Настало время большого количества сноса больных, засыхающих, аварийных деревьев (около 10 тыс. ед.), а посадка на год значится, около 2–3 тыс., т. е. вырубам в 4–5 раз больше чем планируем высаживать.

В городе накопилось много не решаемых проблем с озеленением – это отсутствие программы (плана мероприятий) комплексного озеленения территории муниципального образования «Город Киров» на период до 2024 гг.; отсутствие необходимой проектной документации или отсутствие межевания территорий и придания им статуса парков; деградация существующего зеленого каркаса города и отсутствие ухода даже за центральными зелеными зонами и др.; отсутствие питомников для выращивания саженцев, создание которых даст возможность выращивать необходимое количество саженцев растений для посадки на улицах, в скверах и парках города. Не проводится работа по инвентаризации зеленых насаждений в парках, на улицах г. Кирова, по сохранению имеющихся зеленых насаждений, сносу и посадке новых саженцев, отсутствует реестр зеленых насаждений.

Город нуждается в грамотном комплексном подходе к озеленению. В рамках достижения показателей озеленения города необходимо существенно увеличить количество посадок деревьев и кустарников, установить принцип трехкратного превышения числа посаженных деревьев к числу сносимых деревьев.

Зеленые насаждения являются «лицом» любого города. Сложно переоценить их значение для создания благоприятной городской среды, однако осознание экологической роли зеленых насаждений многими жителями еще

не произошло, поэтому актуальной является работа по формированию экологической культуры населения.

Зеленые насаждения не только украшают города и другие населенные пункты, но и имеют огромное *санитарно-гигиеническое* значение. В процессе фотосинтеза растения поглощают CO_2 и выделяют O_2 , необходимый для дыхания, задерживают дымовые газы, копоть от промышленных предприятий, выхлопные газы автотранспорта. Древесные растения очищают воздух от пыли, которая оседает на листьях, ветвях и стволах деревьев и во время дождя смывается на землю. Растения изменяют микроклимат территории: испарение воды с поверхности листьев способствует повышению влажности воздуха и понижению температуры в жаркое время года. Кроме того, зеленые растения содержат фитонциды, которые уничтожают патогенные микроорганизмы. Особенно много фитонцидов выделяют сосна, пихта, можжевельник, береза, черемуха и многие другие растения, поэтому вокруг зеленых зон создается *противомикробная зона*. Древесные растения способствуют снижению шума. Деревья и кустарники, зеленый ковер газона, чудесные запахи и разнообразные краски цветов, тихий шелест листвы *успокаивающе действуют на нервную систему*, поднимают настроение, повышают работоспособность. Зеленые насаждения являются средством *противопожарной охраны*, способствуют закреплению оврагов, крутых берегов рек и сыпучих песков, они могут быть использованы для защиты дорог от снежных заносов. Зеленые насаждения называют «легкими городов».

В нашей области растет более 100 видов деревьев и кустарников, которые могут быть использованы в озеленении, и почти все травянистые растения. Древесно-кустарниковая флора г. Кирова достаточно обильна. Она представлена 95 видами (не считая различные виды ив). По жизненной форме деревья преобладают над кустарниками. Кроме европейских (26) и евросибирских (22) видов большую часть во флоре древесной растительности города составляют интродуценты из Северной Америки (19); много сибирских (11) и дальневосточных (9) растений [1].

Следует отметить, что число видов естественной флоры в городе в последние годы снижается. Для того, чтобы создать долголетние насаждения, необходимо учитывать биологические особенности растений и их экологию. Растение, как и всякий живой организм, требует для своего развития определенных экологических условий, т. е. определенного отношения к освещению, состоянию атмосферного воздуха, влаге, теплу, типу почвы (по механическому составу, кислотности, богатству почвы питательными веществами, ее уплотнению и т. д.). Имеют значение и биотические факторы, т. е. взаимное влияние растений друг на друга.

К загрязнению воздуха растения относятся неодинаково. Одни виды хорошо переносят загрязненность воздуха, другие реагируют даже на небольшие примеси. Негазоустойчивые растения сильно страдают от загрязнения воздуха. К ним относятся ель, пихта, сосна обыкновенная и сибирская, можжевельник обыкновенный, клен остролистный, сирень обыкновенная, че-

ремуха обыкновенная. Такие растения, как липа, карагана древовидная, являясь негазоустойчивыми, быстро теряют листву, но быстро и восстанавливают ее, поэтому широко используются в озеленении городов. Достаточно газоустойчивыми видами являются: барбарис, жимолость татарская, роза морщинистая, сирень венгерская, спиреи, смородина золотистая, яблони ягодная и сливовидная, чубушник венечный (жасмин).

При создании насаждений необходимо учитывать отношение растений к механическому составу почв, кислотности, богатству почвы питательными веществами, ее плотности и влажности, близости грунтовых вод. Большинство деревьев и кустарников предпочитают почвы суглинистые и супесчаные, богатые питательными веществами, с глубоким гумусовым горизонтом и достаточно влажные. Ряд видов (клен остролистный, груша, яблони, барбарис, пузыреплодник калинолистный, лещина обыкновенная, бересклет) не выносят близких к поверхности грунтовых вод и застойного увлажнения.

К хорошо переносящим условия городской среды относят многие древесные культуры такие, как береза бородавчатая, береза пушистая, вяз шершавый, ива белая, клен остролистный, крушина ломкая, липа мелколистная, лиственница даурская, лиственница сибирская, ольха серая, ольха черная, рябина обыкновенная, тополь белый или серебристый, тополь дрожащий или осина, тополь лавролистный, туя западная, яблоня дикая, яблоня сливовидная, яблоня ягодная, ясень обыкновенный, ясень пенсильванский. Среди кустарников, устойчивых к городской среде, следует отметить аронию, барбарис обыкновенный, боярышник красный, бузину красную, дерен белый, жимолость татарскую, калину обыкновенную, карагану древовидную, клен Гиннала, лещину обыкновенную, облепиху, сирень венгерскую, смородину золотистую, красную и черную, снежноягодник белый, спирею иволистную и среднюю, шиповник иглистый и морщинистый [2].

Из древесных культур, удовлетворительно переносящих условия городской среды, следует отметить дуб черешчатый, ель колючую, тополь бальзамический, черемуху Маака, а среди кустарников: вишню войлочную, калину гордовину, можжевельник обыкновенный, рябинник рябинолистный.

Плохо переносят условия городской вяз гладкий, ель обыкновенная, ель сибирская, ель финская, пихта сибирская, сосна обыкновенная и сибирская.

Использование деревьев и кустарников в озеленении может быть очень разнообразным. Наиболее распространенным типом озеленения являются аллеи вдоль улиц и дорог. В этих посадках используются липа, тополь (все виды), вяз, дуб, береза попеременно с рябиной, лиственница, осина и др. Большинство деревьев и кустарников можно использовать в садах и парках, лесопарках и на бульварах. Для вертикального озеленения следует использовать лианы: княжик сибирский, хмель, клематис, девичий виноград, виноград амурский и др. Для живых изгородей по краям дорожек, бордюров, вдоль заборов, для окаймления отдельных участков применяют растения, хорошо переносящие обрезку. Это кизильники, карагана древовидная, дерен, спиреи, рябинник, смородина золотистая, розы, боярышник, барбарис, сирень, лещина.

Растения, образующие длинные корни и массу корневых отпрысков, следует использовать для закрепления оврагов, берегов рек, балок и откосов (бузина, вишня, смородина золотистая, снежниковик, рябинник, карагана древовидная, ракитник русский). Для обсадки берегов рек используются ива (все виды), ольха.

Кроме посадки новых ценных деревьев на территории городской среды, необходимо избавляться от инвазивных растений, разрастающихся с огромной продуктивностью семян, которые вызывают аллергические реакции у населения и засоряют территорию, угрожают другим зеленым насаждениям. Это, например, тополь бальзамический – дешевое, быстрорастущее дерево. Именно такие тополя часто падают на дома и машины. То же происходит с кленом американским. Когда-то это были сортовые деревья, а теперь – одичавшие безобразные деревья, под пологом которых практически ничего не растет. Овраги забиты травянистыми растениями: недотрогой Ройля, мелкопестником канадским и золотарником канадским, эти растения очень быстро заполняют нарушенные земли. Опасны и виды амброзии, вырастающие до 3 м в высоту. К инвазивным видам относится и циклахена дурнишниковлистная, галинзага четырехлучевая. Многие из перечисленных видов завезены к нам из Северной Америки. Это новые, активные виды, к пыльце которых человек еще не привык, как к пыльце местных растений. Период их адаптации заканчивается. Они выживают, приживаются, впереди вспышка их численности. Мы выпускаем «пришельцев» на волю, а потом не можем «загнать» их обратно. Так когда-то было и с печально известным борщевиком Сосновского.

Необходимо развивать в городской среде вертикальное озеленение, практиковать замену металлических заборов живой зеленой изгородью. Навстречу юбилею г. Кирова начинают развиваться добрые интересные инициативы, которые необходимо собрать, обобщить, поддержать различными методами, подходами и решениями. Среди них инициативы экологических общественных организаций по благоустройству неухоженных на сегодняшний день зеленых зон, включая благоустройство Ежовского озерно-родникового комплекса, водоохраной зоны р. Люльченки, зарастающей сорными растениями, бывшей территории КВАТУ, создание 30 скверов в г. Кирове. Добрая инициатива проводится среди обучающейся молодежи и подростков доцентом кафедры педагогики ВятГУ Л. Н. Бересневой – «вырасти деревце из семечка», в которой участвует уже ряд школ. На круглом столе Общественной палаты Кировской области прозвучала инициатива – организовать ежегодную в 2022–2024 гг. высадку 650 ед. деревьев к юбилею города.

Каждое предприятие, учреждение, каждый житель города, от мала до велика, должны продумать конкретный вклад в развитие «зеленых легких» своего города, тогда и воздух в городе будет здоровым и здоровье придет в каждый наш дом, в каждую квартиру кировчан.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги».

Библиографический список

1. Бобров Ю. А. Дендрофлора города Кирова // Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока / под ред. Т. Я. Ашихминой, Л. И. Домрачевой. Киров : Изд-во ВятГГУ, 2012. С. 34–45.
2. Абаимов В. Ф. Дендрология. М. : Изд-во Юрайт, 2021. 474 с.

ЛЕСОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ РЕГИОНОВ РОССИИ: АКТУАЛЬНОЕ ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Е. М. Гордеева^{1, 2, 3}, К. Д. Дресвянникова², Е. Е. Вокуева²

¹ АО «Русал Менеджмент», *Elena.Gordeeva2@rusal.com*

² Вятский государственный университет, *em_gordeeva@vyatsu.ru*

³ Хасселтский университет (Бельгия), *Yelena.gordeeva@uhasselt.be*

Одна из наиболее актуальных глобальных целей сегодня – это достижение «углеродной (климатической) нейтральности» уже к середине нынешнего столетия. Достижение реальной углеродной нейтральности очень сложно (по-видимому, невозможно) без учета природных факторов или природных решений (nature-based solutions). Учитывая, что Россия – это страна с самой большой площадью лесных земель в мире, вторая страна по объему запаса древесины, в регионах России особое место среди инструментов достижения «углеродной нейтральности» могут занять лесоклиматические проекты (ЛКП), направленные на снижение выбросов парниковых газов (ПГ) и увеличение поглощающей способности лесов. В статье изучается состояние дел в области правового обеспечения в реализации ЛКП, выявляются пробелы действующего законодательства, устранение которых, по мнению авторов, будет способствовать более активной реализации ЛКП на территории Российской Федерации.

Ключевые слова: международное экологическое право, Парижское соглашение 2015 года, экологическое право РФ, стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов ПГ до 2050 года, углеродная нейтральность, лесоклиматические проекты, единицы сокращения выбросов (ЕСВ).

Возрастающая угроза разбалансировки климатической системы заставляет всех нас ставить вопросы о том, что делать для предотвращения глобального изменения климата, как обезопасить человечество и окружающую природную среду от негативных проявлений этих изменений? В качестве ответов на эти вопросы мировое сообщество предложило два основных направления действий: 1) снижение антропогенного воздействия на климат путем

сокращения выбросов и увеличения поглощения парниковых газов (ПГ), 2) адаптацию к неизбежным климатическим изменениям [1, 2].

После специального отчета МГЭИК 2018 г. [3] одной из наиболее актуальных целей по охране климата во всем мире стала цель достижения «климатической нейтральности» (или «нулевых выбросов ПГ»). При этом многие критерии достижения этой цели до сих пор остаются неопределенными на международном уровне (что такое «климатическая нейтральность»? Каковы временные рамки для достижения этой цели? Какие сектора и ПГ учитывать для достижения этой цели? Какова роль проектов по обороту углеродных единиц в процессе достижения цели? и др.) [4].

Большинство стран, вносящих наибольший вклад в антропогенные выбросы ПГ, сделали заявление о намерении достигнуть углеродной (климатической) нейтральности в 2050-2060 годах [5, 6]. В последнее время и в России курс на климатическую нейтральность получил поддержку. Так, в ноябре 2021 г. Правительство РФ утвердило Стратегию социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. [7]. Последовательная реализация целевого сценария Стратегии позволит России достичь углеродной нейтральности к 2060 г.

Для предотвращения климатических изменений наиболее важно сокращение выбросов ПГ при помощи любых существующих в настоящее время наилучших доступных технологий в таких секторах, как «энергетика», «промышленность», «землепользование» и «транспорт». Вспомогательным инструментом достижения «климатической нейтральности» являются «офсетные проекты» или «офсеты». Сегодня существует более 200 видов таких проектов: «возобновляемые источники энергии», «сокращение выбросов метана», «энергоэффективность», «лесоклиматические проекты (ЛКП)», «переход на углеродо - нейтральные виды топлива», «улавливание и хранение углерода» и др. Такие проекты помогают компенсировать те выбросы ПГ, которые не удастся избежать с помощью наилучших доступных технологий в различных секторах экономики.

Для Российской Федерации особенно важен вопрос о роли и значении лесов в достижении «углеродной нейтральности». Российские леса играют неопределимую роль на глобальном уровне, предоставляя широкий спектр экосистемных услуг (в том числе, поддержание климата) [8]. «Россия обладает колоссальным поглощающим потенциалом лесов, тундры, сельхозземель, болот. Так, на нашу страну приходится пятая часть мировых лесов, которые занимают почти 10 млн км². По оценкам специалистов, ученых, уже сейчас они поглощают миллиарды тонн эквивалента CO₂ ежегодно. Значимость природного потенциала России для обеспечения климатической устойчивости планеты в целом огромная, колоссальная просто» [9]. По данным ФГБУ «Рослесинфорг» ежегодно леса России поглощают до 1,6 млрд тонн CO₂; лидером по общему запасу углерода являются сибирские леса – 13,8 млрд тонн CO₂ [10]. Дальнейшее наращивание потенциала российских лесов в поглощении ПГ является одним из важных направлений климатической политики страны. Па-

рижское соглашение по климату было принято Российской Федерацией с заявлениями, подчеркивающими позицию страны о важности охраны лесов и иных экологических систем, о необходимости увеличения их поглощающей способности, а также в отношении необходимости максимально учитывать эту поглощающую способность в процессе имплементации механизмов соглашения [11]. На 26-й Конференции сторон РКИК ООН, состоявшейся в период с 31 октября по 13 ноября 2021 г. в городе Глазго (Великобритания), Россия присоединилась к декларации по лесам и землепользованию, которую подписали более 100 стран, на долю которых приходится более 85% мировых лесов [12].

По состоянию на апрель, 2022 г. в России реализованы всего 5 ЛКП и лишь один проект реализован по международной методологии и оценен с точки зрения международного стандарта.

Правовая база для реализации ЛКП в РФ начала формироваться в конце 2021 года: была принята национальная стратегия низкоуглеродного развития до 2050 года, разработан проект ее реализации [13], принят Федеральный закон «Об ограничении выбросов ПГ» [14]. В сентябре 2022 года вступит в силу закон о проведении эксперимента на Сахалине [15], впоследствии планируется распространение эксперимента и на другие регионы РФ.

Ожидаемыми шагами, по мнению авторов, могут стать и включение в ст. 25 Лесного кодекса РФ нового вида аренды в целях реализации лесоклиматических проектов, и снятие противоречий с законодательством о землях сельскохозяйственного назначения (в том числе, ст. 78 п. 4 Земельного кодекса) путем включения ЛКП в число разрешенных видов деятельности.

Библиографический список

1. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата, Нью-Йорк, 9 мая 1992 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml (дата обращения: 12.06.2021).
2. Парижское соглашение, Нью-Йорк, 22 апреля 2016 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://unfccc.int/sites/default/files/russian_paris_agreement.pdf (дата обращения: 05.06.2021).
3. МГЭИК. Глобальное потепление на 1,5 °C, резюме для политиков [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_ru.pdf (дата обращения: 12.06.2021).
4. Гордеева Е. М., Пугач В. Н. Парижское соглашение и «климатическая нейтральность»: роль сектора «Землепользование» // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 219–227. doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-006-00.
5. Сообщение о долгосрочных стратегиях [Электронный ресурс]. – URL: <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies> (дата обращения: 12.06.2021).
6. Анализ долгосрочных стратегий и вкладов, установленных на национальном уровне [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.climatewatchdata.org/ndcs-explore> (дата обращения: 12.06.2021).
7. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [Электронный ресурс]. – URL:

<http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf> (дата обращения: 14.03.2022).

8. Кузнецова Д. Лесоклиматические проекты: последняя миля декарбонизации или сегодняшняя реальность? // ЛесПромИнформ. 2022. № 2. С. 21–24.

9. Пленарное заседание Петербургского международного экономического форума 4 июня 2021 года [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/65746> (дата обращения: 12.06.2021).

10. Сколько углерода на самом деле поглощают леса России [Электронный ресурс]. – URL: <https://roslesinform.ru/news/all/4218/> (дата обращения: 09.03.2022).

11. Сборник договоров Организации Объединенных Наций. Глава XXVII, Окружающая среда, Парижское соглашение [Электронный ресурс]. – URL: https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en#EndDec (дата обращения: 12.06.2021).

12. Декларация Глазго по лесам и землепользованию, Глазго, 2 ноября 2021 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ukcop26.org/glasgow-leaders-declaration-on-forests-and-land-use/> (дата обращения: 09.03.2022).

13. План мероприятий (операционный план) реализации стратегии социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов [Электронный ресурс]. – URL: <https://energiavita.ru/wp-content/uploads/2022/02/ope..> (дата обращения: 14.03.2022).

14. Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» [Электронный ресурс]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202>. (дата обращения: 30.03.2022).

15. Федеральный закон от 06.03.2022 № 34-ФЗ «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202>. (дата обращения: 10.03.2022).

МОНИТОРИНГ ГОРОДСКИХ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

В. В. Рутман¹, Г. Я. Кантор^{1,2}, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ Вятский государственный университет, rutman.slavik@yandex.ru

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Представлены примеры использования средств геоинформационных систем и дистанционного зондирования Земли в управленческой деятельности по планированию городского озеленения, кадастру и мониторингу зеленых насаждений.

Ключевые слова: геоинформационные системы, дистанционное зондирование Земли, зеленые насаждения, городское планирование, аэрофотосъемка, цифровая карта, парк.

Зеленые насаждения являются одним из важнейших компонентов городской среды обитания. Они поглощают углекислый газ, сдерживают пыль, также выполняют эстетическую функцию и служат индикаторами состояния атмосферы. Эффективным инструментом управления озеленением города мо-

гут служить современные цифровые технологии, включая технологии геоинформационных систем (ГИС) и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) – спутниковой съемки и аэрофотосъемки (в том числе при помощи беспилотных летательных аппаратов).

Начало создания ГИС зеленых насаждений г. Кирова было положено в 1997 г. работой преподавателей и студентов Вятского государственного педагогического университета. Были составлены цифровые карты сада Дворца культуры железнодорожников, Александровского сада, парка им. Ю. А. Гагарина, парка им. С. М. Кирова и бульвара Октябрьского проспекта. Работа производилась следующим образом. Территория парка делилась на участки, для каждого из которых изготавливалась копия топоплана. Группа студентов вела учет всех деревьев и кустарников на участке, фиксируя породу каждого дерева, обхват ствола и санитарное состояние. Дерево наносилось на топоплан с учетом расстояния от характерных элементов архитектурного обустройства парка (контурных точек топоплана). При камеральной обработке данные полевых работ с черновиков переносились на цифровую карту в среде ГИС MapInfo. При обнаружении невязок производилось уравнивание координат съемочных точек.

На рисунке 1 представлен пример составленной цифровой карты. Информация об объектах на такой карте может дополняться и редактироваться (в том числе добавляться новые объекты и вноситься планируемые изменения с учетом строительства и реконструкции объектов городской инфраструктуры). Данные могут быть предоставлены и в общий доступ через Интернет.

Со времен проведения первой съемки произошло множество изменений, и данные требуют уточнения. Был построен ряд объектов, под которые производилось удаление древесно-кустарниковой растительности. Также производились санитарные вырубки. В 2018 г. для обновления карты растительности парка им. С. М. Кирова сотрудниками лаборатории биомониторинга ВятГУ использовался стереофотограмметрический метод [1], обеспечивающий более высокую точность и полноту по сравнению с пешеходной съемкой. Полученные данные можно использовать в качестве основы для создания современной геоинформационной системы по городским зеленым насаждениям.

Для уточнения и актуализации информации о древесной растительности можно использовать средства ДЗЗ. Это могут быть как спутниковые снимки, так и съемка с беспилотного летательного аппарата.

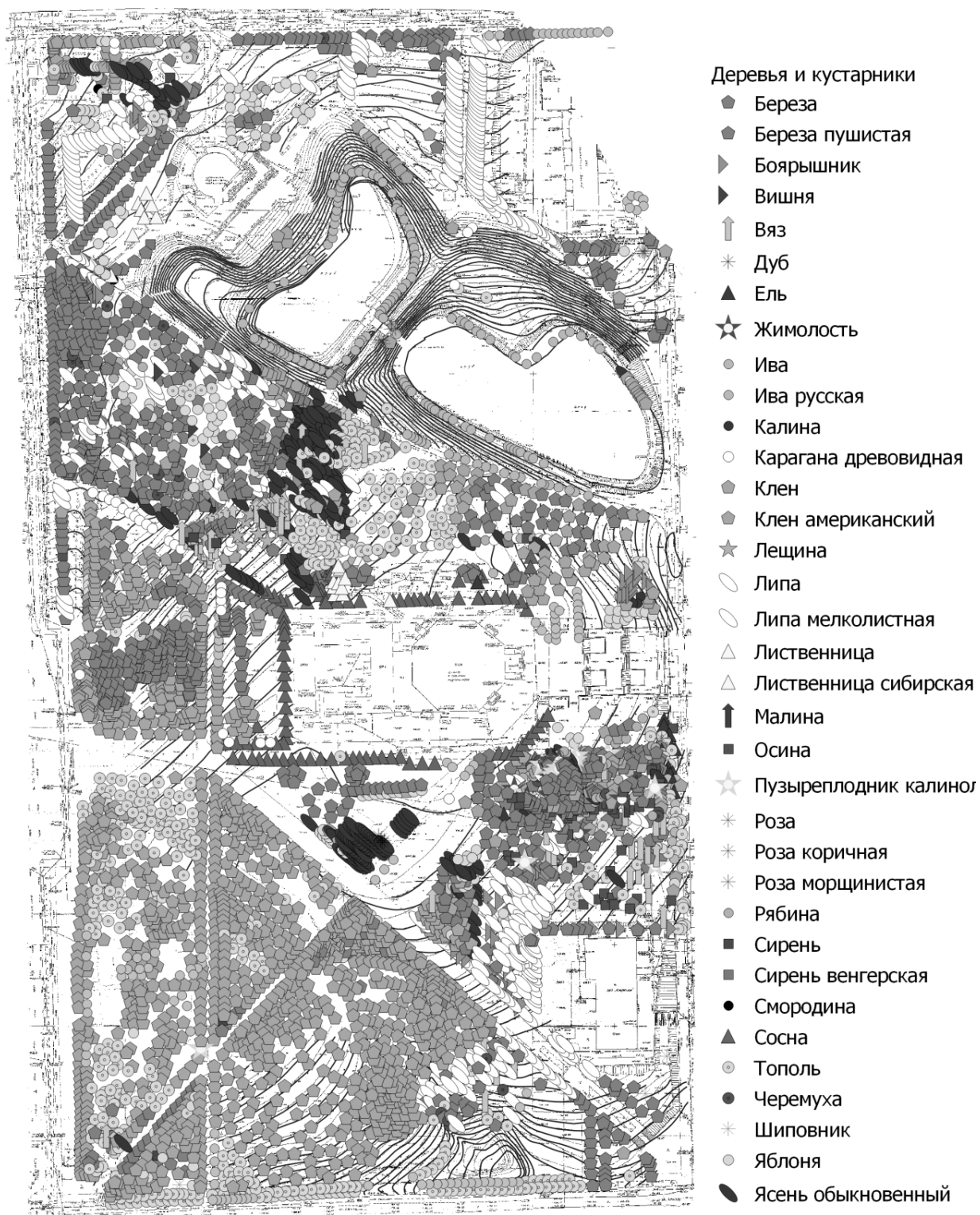


Рис. 1. Карта-схема древесной растительности в парке им С. М. Кирова

Мы имеем опыт съемки зеленых насаждений с применением беспилотного летательного аппарата (квадрокоптер DJI Phantom 3). По результатам съемки был составлен ортофотоплан ботанического сада ВятГУ (рис. 2), на котором хорошо различимы травянистые, кустарниковые и древесные растения и искусственные объекты – дорожки, клумбы, постройки [2].

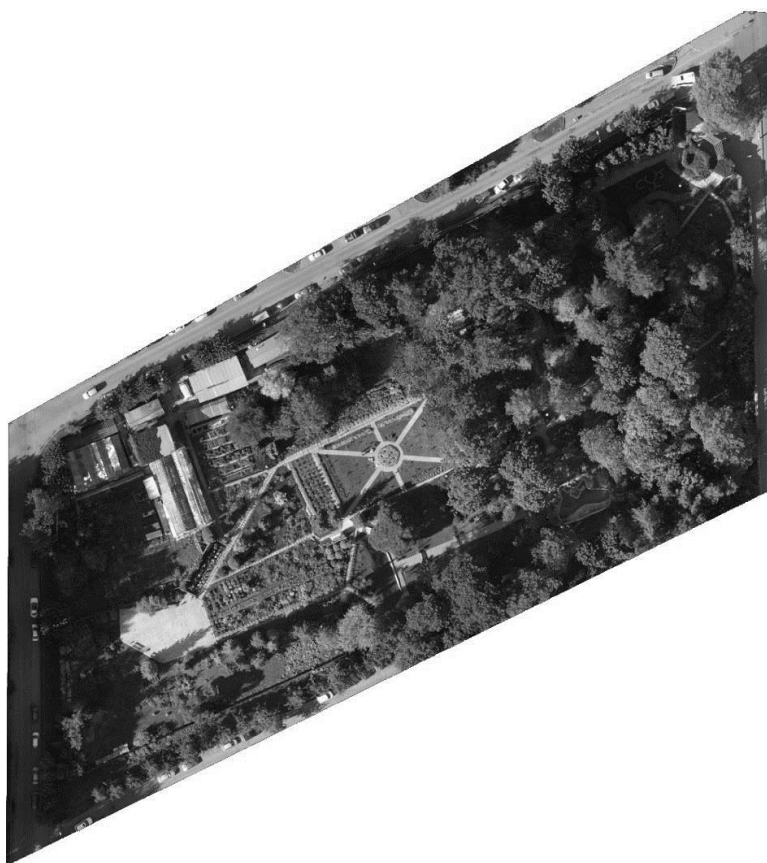


Рис. 2. Ортофотоплан Кировского ботанического сада

При проведении аэрофотосъемки очень важно выбрать время съемки относительно фенологической фазы, при которой наиболее четко и контрастно будут выделяться те или иные растительные сообщества и виды. Исходя из этого, целесообразно в течение вегетационного периода сделать несколько серий снимков при разных фенологических фазах развития растений. Например, шиповник надо снимать в фазе его цветения (для нашей местности это конец мая – начало июня), когда он очень хорошо будет дешифрироваться по общему розовому фототону. Выполнение полевых работ по картированию, обследованию и описанию растительности не должно быть существенно оторвано от времени выполнения аэрофотосъемки, поскольку с течением времени происходит порой существенное изменение заснятой и наблюдаемой картины [3].

Съемка со спутников тоже может применяться для картографирования зеленых насаждений. Особенно пригодны осенние снимки, которые позволяют четко различать хвойную и лиственную растительность. Из-за низкого разрешения спутниковой съемки (10 м и более) невозможно различить каждое отдельное дерево в древесном массиве. Однако спутниковая съемка позволяет различать типы растительности и ее состояние.

Состав возобновления вырубок на цветных космических снимках определяется по цветовому тону. Особенно контрастно это видно на осенних снимках, удачно сделанных в определенную фенофазу (листья пожелтели, но

еще не опали), когда хвойные породы имеют темно-зеленый цвет, а лиственные – от желтого до оранжевого [4].

Итак, средства ГИС и ДЗЗ значительно улучшают возможность хранения и оперативного изменения информации о географических объектах, к которым относятся зеленые насаждения. Эти средства подходят как для ведения мониторинга городских насаждений, планирования создания рекреационных зон и растительных питомников, так и для отслеживания внедрения инвазивных видов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги».

Библиографический список

1. Кантор Г. Я., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я. Применение панорамной стереофотосъемки для инвентаризации и мониторинга городских зеленых насаждений // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Книга 2. Киров : ВятГУ, 2019. С. 118–120.
2. Рутман В. В., Кантор Г. Я. Перспективы применения малых беспилотных летательных аппаратов в деятельности ботанического сада // Роль ботанических садов в сохранении и обогащении природной и культурной флоры [Электронный ресурс] : материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 20-летию Ботанического сада Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова (12–16 июля 2021 г., Якутск). Якутск : Издательский дом СВФУ, 2021. С. 132–135.
3. Опыт составления детальной карты растительности пойменного луга / Е. А. Домнина, А. С. Тимонов, Г. Я. Кантор, А. П. Кислицына, В. П. Савиных // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 1. С. 42–49. doi: 10.25750/1995-4301-2017-1-031-041
4. Изучение лесовосстановления на основе спутниковых снимков высокого разрешения // Е. А. Домнина, Т. А. Адамович, А. С. Тимонов, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 38–43. doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-038-043

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РАЙОНЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЮ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Т. Я. Ашихмина^{1,2}, В. Н. Кулаков¹, Т. И. Кутявина¹

¹ Вятский государственный университет, usr08619@vyatsu.ru

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Методами физико-химического определения проведен анализ обеспечения показателей экологического мониторинга атмосферного воздуха в районе создаваемого производственно-технического комплекса (ПТК) «Мирный» по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности. Полученные данные свидетельствуют о том, что в настоящее время имеются аттестованные методики измерений для определения всех 18 приоритетных загрязняющих веществ (ЗВ), которые можно использовать при организации экологического мониторинга на территории создаваемого

ПТК. Причем наиболее доступными и чувствительными из них являются методики измерений, основанные на применении физико-химических методов фотоэлектроколориметрии и газовой хроматографии. В полевых условиях целесообразно определять концентрации ЗВ газоаналитическим методом, используя прибор ГАНК-4 с набором индикаторных кассет.

Ключевые слова: атмосферный воздух, физико-химический анализ, мониторинг, промышленные отходы.

Законодательная и нормативно-правовая база методического обеспечения контроля и экологического мониторинга за последние годы существенно и быстро изменяется. Связано это с тем, что в составе выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ (ЗВ) от промышленных предприятий появляется достаточно большое количество новых, специфических ЗВ, методики определения которых или пока не разработаны, или не прошли аттестацию. Кроме того, на сегодня в процессы физико-химического анализа внедряются новые высокоточные методы определения содержания ЗВ при совместном их присутствии, как в исключительно малых, так и в больших концентрациях. В основном приходится анализировать сложные по составу многокомпонентные смеси и в них избирательно определять содержание вредных веществ при их концентрации в воздухе на уровне ПДК. Нельзя не учитывать и то, что методическое и приборное обеспечение экологического контроля и мониторинга в настоящее время также существенно меняется, внедряются методы хроматографии, спектроскопии и спектрофотометрии, ядерного резонанса, термогравиметрии, линейно-колористические методы и т. д. Все это ставит задачу перед исследователями избрать для анализа наиболее точный экспрессный метод анализа и главное, чтобы он был аттестован, а приборная база внесена в государственный реестр средств измерений.

На проектируемом в Оричевском районе Кировской области новом производственно-техническом комплексе (ПТК) «Мирный» по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности планируется перерабатывать порядка 350 видов промышленных отходов (соединения ртути, свинца, кадмия, минеральные и синтетические масла, трансформаторы, конденсаторы, свинцовые аккумуляторы, отходы нефтепродуктов после процесса рафинирования, щелочи и кислоты от аккумуляторов, отходы полимерной продукции и др.) [1]. Безусловно, в ходе производственных линий их переработки в выбросах в атмосферный воздух одновременно будет попадать многокомпонентная смесь различных ЗВ, причем в достаточно разных концентрациях.

Нами проведен анализ имеющейся методической базы для определения ряда приоритетных [2] для атмосферного воздуха ЗВ при деятельности ПТК «Мирный». Среди методик, размещенных в открытом доступе (справочная система «Техэксперт») и действующих на территории России (методики измерений на 42 показателя по атмосферному воздуху) [3–5], при проведении

контроля и мониторинга на данном объекте можно использовать методики измерений, основанные на следующих методах анализа: пламенно-фотометрическом, фотоколориметрическом, линейно-колористическом, атомно-абсорбционной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой, ионной и газовой хроматографии, турбидиметрии, гравиметрии и хромато-масс-спектрометрии.

Следует отметить, что оптические методы получили наиболее широкое применение при контроле вредных примесей воздуха. Они основаны на определении степени светопоглощения растворов в зависимости от концентрации загрязнения с помощью современных аппаратов: абсорберов, фотоэлектроколориметров, спектрофотометров. Из них наиболее часто используемым и доступным в мониторинге атмосферного воздуха является фотоэлектроколориметрический метод. Из 49 показателей, рекомендуемых в рамках инженерно-экологических изысканий для включения в программу мониторинга ПТК «Мирный» [1], по 20 показателям имеются аттестованные методики фотоэлектроколориметрического определения. Из них в открытом доступе предлагаются методики по определению 14 показателей (марганец и его соединения, газообразные соединения фтора, диоксид азота, хром, аммиак, диоксид серы, сероводород, фенол, ртуть, оксид азота, пероксид водорода, хлороводород, циановодород, мышьяк и его соединения). Кроме того, имеются аттестованные методики фотоэлектролитического определения оксида фосфора(V), оксида алюминия, хлорида железа(III), оксида меди(II), гидроксида натрия, свинца и его соединений, которые можно приобрести у разработчиков.

Масс-спектрометрический метод заключается в идентификации загрязнителей по масс-спектрам, образующимся в результате ионизации исходного газа под действием электронов или других видов излучения. В мониторинге атмосферного воздуха рекомендуется использовать данный метод при определении оксидов металлов (кадмия, меди, никеля, цинка, хрома), а также гидросульфита натрия, соединений марганца и свинца, для которых также имеются аттестованные методики.

За последнее время достаточно активно зарекомендовал себя в мониторинге атмосферного воздуха газохроматографический метод – это физический метод разделения и анализа смесей газов и паров летучих неразлагающихся жидкостей, основанный на различной сорбционной способности компонентов, то есть на различном распределении их компонентов между движущей газовой и неподвижной фазами, которая может быть и твердой, и жидкой. В экспресс-анализе, в полевых и лабораторных условиях при проведении экологического мониторинга целесообразно использовать газоаналитический метод по определению ЗВ с помощью прибора ГАНК. Методика выполнения измерений массовой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе газоанализатором ГАНК-4. ФР.1.31.2009.06144 позволяет определять 21 показатель: диоксид и оксид азота, аммиак, диоксид серы, диоксид и оксид углерода, сероводород, метан, акролеин, сероуглерод, углеводороды C_1-C_{10} (по гексану), фенол, формальдегид, хлор, озон, бензин, ацетон, бензол, хлорово-

дород, фтороводород, свинец и его соединения. С использованием методики ФР.1.31.2010.06967 в атмосферном воздухе газоанализатором ГАНК-4 определяется широкий перечень углеводородов, в том числе керосин и минеральные масла.

Из 49 загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах, по материалам инженерно-экологических изысканий на создание ПТК [1], 12 показателей можно определить в лабораторных и полевых условиях данным методом. В сравнении с фотоэлектроколориметрией данный метод является более чувствительным по определению соединений свинца, диоксида азота, диоксида серы, сероводорода, фенола и неорганической пыли, обеспечивается их определение при более низком содержании ЗВ. В то же время метод фотоэлектроколориметрии несколько чувствительнее при определении аммиака, оксида азота, хлороводорода, оксида углерода, бензола и газообразных соединений фтора, чем газоаналитический с использованием прибора ГАНК.

На 7 из 49 показателей контроля и мониторинга создаваемого ПТК «Мирный» [1] отсутствуют аттестованные методики измерений. Из них только железо по объемам выбросов попадает в перечень 18 ранжируемых показателей [2], у остальных (диоксид титана, гипохлорит натрия, растворимые соли алюминия, полиакриламид анионный АК-618, дихлорид кальция) объем выбросов составляет лишь 10^{-3} – 10^{-9} мг/м³. Для 4-х ЗВ класс опасности не установлен – у диоксида титана, гипохлорита натрия, растворимых солей алюминия, полиакриламида. К III классу опасности отнесены: хлорид кальция, сульфат натрия и оксид железа(III) (в пересчете на железо).

Экоаналитическая лаборатория ВятГУ аккредитована на определение 19 показателей экологического контроля и мониторинга атмосферного воздуха из 49 ЗВ, которые могут быть в выбросах ПТК «Мирный». Из них фотоэлектроколориметрическим методом определяется в атмосферном воздухе 8 ЗВ (марганец и его соединения, газообразные соединения фтора, диоксид азота, хром, аммиак, диоксид серы, сероводород, фенол). Линейно-колористическим методом с использованием газоанализатора определяются 8 показателей (диоксид и оксид азота, аммиак, сероводород, оксид углерода, газообразные соединения фтора, бензол). Методом газовой хроматографии специалистами лаборатории измеряется массовая концентрация аллилового спирта, амилового спирта, ацетона, бензола, бутилацетата, бутилового спирта, изобутилацетата, изоамилового спирта, изобутилового спирта, изопропилового спирта, п-ксилола, м-ксилола, о-ксилола, метилэтилкетона, окиси этилена, пропилового спирта, толуола, циклогексанона, эпихлоргидрина, этилацетата. Оксид углерода определяется в лаборатории по методике РД 52.04.840-2015 с использованием автоматических газоанализаторов и новых методик измерения, алгоритмов расчета характеристик загрязнения атмосферного воздуха с учетом данных непрерывных измерений.

Таким образом, анализ аттестованных методик измерений экоаналитического контроля и мониторинга свидетельствует о том, что в настоящее время имеются методики измерений для определения всех 18 приоритетных ЗВ,

которые можно использовать при организации экологического мониторинга на территории создаваемого ПТК. Причем к наиболее доступным и вполне чувствительным методам следует отнести фотоколориметрию и газовую хроматографию. В полевых условиях целесообразно определять ЗВ газоаналитическим методом, используя прибор ГАНК-4 с набором индикаторных кассет.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги».

Библиографический список

1. Проектная документация «Производственно-технический комплекс по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности «Марадыковский» М. : Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», Акционерное общество «государственный специализированный проектный институт», 2020.
2. Ашихмина Т. Я., Тимонов А. С., Кулаков В. Н. Установление перечня показателей мониторинга атмосферного воздуха в районе предприятий по утилизации отходов // Технологии переработки отходов с получением новой продукции : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : Вятский государственный университет, 2021. С. 199–202.
3. Перечень методик расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками. Приказ МПР № 341 от 31.07.2018 Об утверждении Порядка формирования и ведения перечня методик расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками (с изменениями от 22.04.2021 № 277) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/542630855?section=text> (дата обращения: 01.04.2022).
4. Методики измерения массовых концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах в атмосферу. Санкт-Петербург : Экоаналитический информационный центр, 2020.
5. Сборник методик по определению концентрации загрязняющих веществ в промышленных выбросах / под ред. Л. И. Верес. Ленинград : Гидрометеиздат, 1987. 270 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Г. Чернышова¹, Б. М. Насибулина², А. М. Капизова¹

*¹ Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет,*

*² Астраханский государственный университет,
Gorbunova_anna_2014@mail.ru*

Атмосферный воздух является наиболее важным компонентом, неотъемлемой частью среды обитания человека. Высокая концентрация загрязняющих веществ в атмосфере городов и промышленно развитых центров наносит огромный вред здоровью населения, большой ущерб сельскому и лесному хозяйству, промышленности, жилым зданиям и техническим сооружениям,

историческим памятникам. Загрязнение воздуха существенно увеличивает количество различных заболеваний.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, серо-содержащие вещества, азотосодержащие вещества, выбросы.

Изучение проблемы загрязнения атмосферного воздуха и поиск путей ее решения в каждом городе Российской Федерации (РФ), бесспорно, – актуальная задача обеспечения устойчивого развития. Астраханская область является единственным субъектом, преобладающая часть территории которого расположена в планетарной впадине, достигающей отметки 28 м ниже уровня мирового океана. Естественная топография местности и климатические параметры являются важными условиями, определяющими качество воздуха и предпосылки эпизодов высокого загрязнения. Последнее также обусловлено интенсификацией техногенного воздействия.

Среди загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу с антропогенными выбросами, наиболее значимыми являются соединения азота и серы. Соединения азота (монооксид, или оксид азота NO , диоксид азота NO_2 и др.) и серы (сернистый ангидрид, или сернистый газ SO_2) являются главными кислотообразующими выбросами в атмосферу. Диоксид серы, попавший в атмосферу, претерпевает ряд химических превращений, ведущих к образованию кислот. Значимость атмосферных эффектов оксидов азота связана с ухудшением видимости.

В Астраханской области основными источниками выбросов диоксида серы и азота являются как передвижные, на долю которых приходится 91 и 27%, так и стационарные источники – 9 и 73% соответственно [1].

Из стационарных источников по проценту промышленных выбросов (86%) от областного объема, можно выделить предприятие ООО «Газпром добыча Астрахань», в состав выбросов загрязняющих веществ которого входят следующие соединения: оксид углерода (48,2%), сернистый ангидрид (44,0%), летучие органические соединения (ЛОС, объединяющие в своем составе 39 ингредиентов, 3,6%), диоксид азота (1,7%), метан (1,2%), пыль серы (0,5%), на остальные 33 ингредиента приходится около 0,8% от суммарных выбросов [2].

В отношении метеорологических условий, присущих территории Астраханской области, необходимо отметить, что процесс накопления или рассеивания вредных примесей зависит от сочетания метеорологических параметров – ветрового режима, температурных инверсий, величин осадков, частоты туманов и пыльных бурь. В Астраханской области выделено 4 типа синоптических процессов, при которых наблюдаются неблагоприятные метеорологические условия (НМУ). Постоянство ветров восточных направлений – характерная особенность ветрового режима г. Астрахани и области. В течение года преобладают ветры со скоростью 2–5 м/с (65–73%), повторяемость ветров более 12 м/с составляет 3–7%, в отдельные месяцы увеличивается до 6–

12%. Годовая скорость ветра на данной территории характеризуется усилением зимой, весной и поздней осенью, с ослаблением в летний период. Штилевая погода наблюдается чаще летом и поздней осенью, в меньшей степени – зимой и ранней весной [3].

Температурные инверсии над областью наблюдаются почти ежедневно. Большая повторяемость ночных инверсий отмечается с марта по октябрь. Весной, осенью и летом ночные инверсии обычно разрушаются к девяти часам утра, в зимние месяцы и поздней осенью приземные инверсии, появившись ночью, сохраняются в течение дня. Наибольшая повторяемость приподнятых инверсий приходится на осенне-зимний период, а наименьшая на летние месяцы. Скорость вымывания примесей осадками зависит от их количества, интенсивности и продолжительности выпадения. Заметное вымывание загрязняющих веществ из атмосферы вызывают сильные дожди, наблюдаются они преимущественно летом, когда их количество за сутки может превышать месячную норму.

Туманы на территории Астраханской области наблюдаются в среднем 40 дней в году, максимальное их количество приходится на осенне-зимний период. Продолжительность туманов зимой – 243, весной – 67, осенью – 283, за год их продолжительность – 593 ч. Пыльные бури прослеживаются в большей степени весной [3].

По климатическим условиям Астраханская область находится в самой засушливой части России с чертами резкой континентальности в полупустынной природно-климатической зоне за исключением сильно обводненного ландшафта дельты р. Волга.

Совокупность метеорологических и климатических факторов Астраханской области (давление, относительная влажность, температура, направление и скорость ветра, НМУ, связанные с атмосферными явлениями), указывают на низкий потенциал загрязнения атмосферы, относящийся к пятому классу (ПЗА-V).

Основная задача проводимых наблюдений – выявление особенностей пространственного распространения химически опасных веществ в приземном слое атмосферного воздуха санитарно-защитной зоны (СЗЗ) Астраханского газоперерабатывающего завода (АГПЗ).

В районе расположения техногенного воздействия АГПЗ «роза ветров» в 2015, 2016 и 2017 гг. варьирует в направлении восток–запад, с преобладанием направления восток–юго-восток. На долю ветров юго-восточного и северо-западного направлений приходилось 43 и 27% соответственно, а на долю полного штиля – 2%. По направлению восточных, юго-восточных ветров располагаются населенные пункты п. Комсомольский, ст. Досанг, а по направлению западных, северо-западных – с. Сеитовка, п. Бузан, находящихся в СЗЗ (рис. 1).

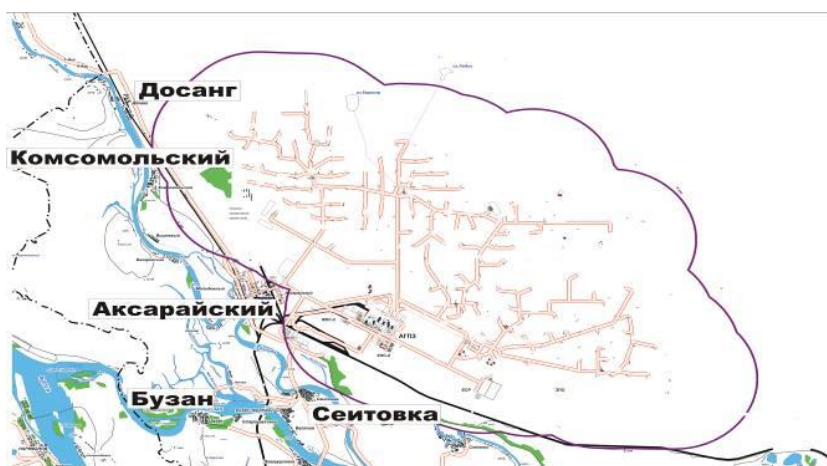


Рис. 1. Карта расположения населенных пунктов санитарно-защитной зоны

За годы исследований среднегодовые концентрации диоксида серы, диоксида азота, сероводорода в среднем на территории СЗЗ АГПЗ не превышали предельно допустимых значений (ПДК).

Анализ многолетних значений комплексного индекса загрязнения атмосферного воздуха по всем пунктам наблюдения показывает, что величина данного показателя изменяется в пределах от 0,83 до 2,77, что свидетельствует о низком уровне загрязнения атмосферного воздуха в зоне комплекса. Из результатов наблюдений за 2015–2017 гг. можно отметить, что, несмотря на низкие концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы исследуемых населенных пунктов, качество атмосферного воздуха имело тенденцию к ухудшению неблагоприятными метеорологическими факторами.

Повышенные концентрации диоксида азота в п. Комсомольский отмечены в 2016 г., диоксида серы и сероводорода – в 2017 г. Они составили в среднем соответственно 0,027; 0,015; 0,0036 мг/м³. В с. Сеитовка, п. Бузан, ст. Досанг, ст. Аксарайская высокие показатели концентрации примесей прослеживались в 2016 и 2017 гг.

Рассматривая в сезонном аспекте по всем изучаемым пунктам изменения концентраций загрязняющих веществ, в 2015 г. можно было отметить высокие показатели осенью и в первой декаде зимы, в среднем концентрации диоксида азота составляли 0,021 мг/м³, диоксида серы – 0,0054 мг/м³, сероводорода – 0,0025 мг/м³.

Вероятно, росту концентраций этих веществ способствовали часто повторяющиеся в эти периоды явления, такие как туман (187 случаев), дымка (22 случая) (рис. 2, 3). Так как накопление примесей усиливается в тумане, при поглощении примесей влагой могут образоваться более токсичные вещества. Например, в тумане происходит окисление диоксида серы до серной кислоты. Доказано, что при образовании тумана происходит увеличение концентрации примеси на 40–110% по сравнению с концентрацией ее до тумана. С туманами часто возникают зимние смоги, в результате которых в течение длительного времени в приземном слое сохраняются высокие концентрации вредных веществ.

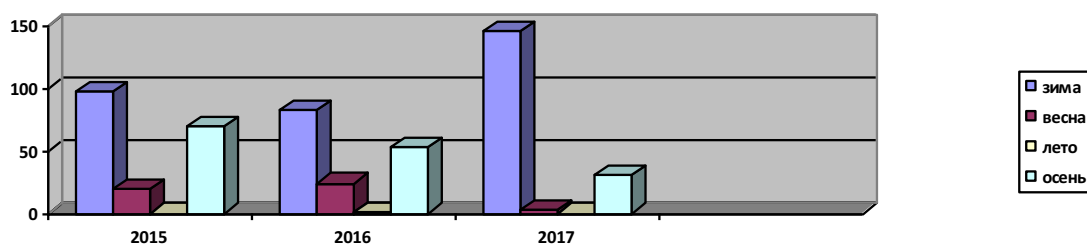


Рис. 2. Сезонные изменения повторяемости туманов за 2015–2017 гг.

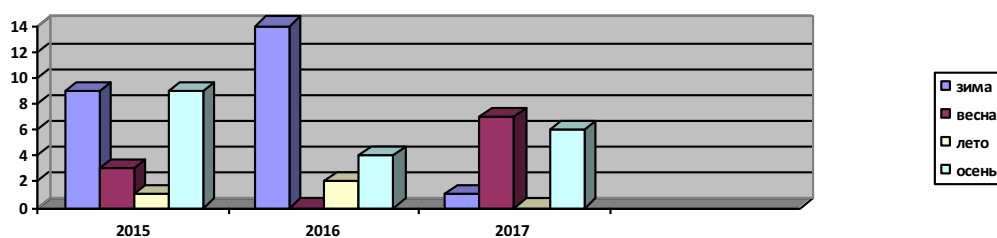


Рис. 3. Сезонные изменения повторяемости дымки за 2015–2017 гг.

Весенний период 2015 г. по сравнению с весенними периодами 2016 и 2017 гг. характеризовался низкими концентрациями диоксида серы, азота в населенных пунктах п. Комсомольский, ст. Досанг, что можно связать с выпадением большого количества атмосферных осадков в виде дождей (86 случаев) в этих районах, так как осадки приводят к заметному очищению воздуха от вредных примесей, поступающих как от высоких, так и от низких выбросов. В 2016 г. прослеживается рост концентраций диоксида азота в среднем в 1,5; диоксида серы – в 1,8 и сероводорода – в 1,2 раза по сравнению с 2015 г. Концентрации диоксида азота в период исследования на всей исследуемой территории были в пределах допустимых значений.

Повышенные их концентрации прослеживались весной, составляли в среднем $0,027 \text{ мг/м}^3$, когда были зарегистрированы пыльные бури (29 случаев) (рис. 4), в летний период наблюдалось некоторое снижение до $0,021 \text{ мг/м}^3$, с наступлением осеннего периода отмечали такие явления, как туман (53 случая), дымка (66 случаев) (рис. 2, 3) и соответственно возрастание содержания диоксида азота до $0,024 \text{ мг/м}^3$, диоксида серы и сероводорода, в среднем соответственно $0,011$ и $0,0031 \text{ мг/м}^3$. Минимальные концентрации специфичных загрязнителей (сероводород, диоксид серы) для АГПЗ отмечены в зимний период, когда на территории исследуемых населенных пунктов прослеживали выпадение большого количества снега (133 случая).

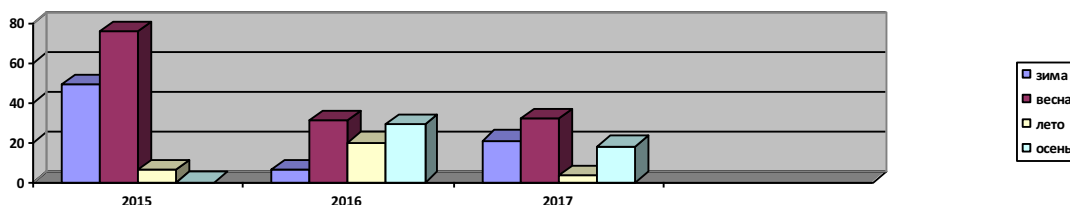


Рис. 4. Количество дней с пыльными бурями за 2015–2017 гг.

В 2017 г. концентрации диоксида азота были на уровне 2016 г. В весенний и летний периоды наблюдались частые атмосферные явления такие, как пыльные бури и дымка, повторяемость которых составляла 35 и 7 случаев. Летний период характеризовался высокими температурами (+36 °С) и наличием инверсионных слоев, которые существенно влияли на рост концентраций диоксида серы и сероводорода в течение всего периода.

Исходя из данных по контролю за состоянием атмосферного воздуха на границе СЗЗ, можно отметить, что ареалы выбросов данного предприятия концентрируются в основном в промышленной и СЗЗ (п. Комсомольский, п. Аксарайский и с. Сеитовка), то есть носят локальный характер и значительно варьируют по сезонам года.

В большей степени накопление химически опасных веществ в приземном слое атмосферы Астраханской области происходит в холодные периоды года (с ноября по март) и весной (апрель) при неблагоприятных метеорологических условиях (туман, дымка и пыльная буря). Присутствие в нижних слоях атмосферного воздуха опасных примесей в пределах допустимых значений, тем не менее свидетельствует о неблагоприятной экологической обстановке в районе исследования. Следовательно, для предотвращения роста загрязнения необходимо учитывать природно-климатические факторы, и в периоды неблагоприятных метеорологических условий необходимо проводить мероприятия по снижению выбросов от источников загрязнения.

Библиографический список

1. Материалы к Государственному докладу о состоянии природной среды РФ по Астраханской области за 2016 г.
2. Отчет «Охрана окружающей среды» за 2017 год предприятия ООО «Газпром добыча Астрахань», 2018.
3. Вознесенская Л. М., Бесчетнова Э. И. Климатические особенности и опасные явления погоды Астраханской области в XX веке. Астрахань : Астраханский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2002. 107 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

В. В. Рутман¹, М. Х. Хето¹, В. Н. Кулаков¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, rutman.slavik@yandex.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

В статье представлены результаты анализа воздуха в г. Кирове с применением новейшего оборудования. Выявлен качественный и количественный состав парниковых и других газов на различных участках вдоль одной из центральных улиц (улица Ленина) в различное время.

Ключевые слова: исследование атмосферного воздуха, городская среда, автотранспорт, портативный газоанализатор.

Состояние атмосферного воздуха городской среды считается одним из важных компонентов благополучной среды обитания. Информация о состоянии атмосферы необходима для изучения глобального углеродного следа.

В г. Кирове к основным источникам выбросов парниковых газов можно отнести автотранспорт, количество которого неуклонно растет. По данным Кировстата, на конец 2020 г. в Кировской области зарегистрировано более 422 тыс. единиц автотранспорта [1]. Изучение состояния атмосферного воздуха в г. Кирове проводилось в 1996 г. по индикаторам атмосферного воздуха: состоянию снегового покрова и древесных лишайников. По результатам исследований, наиболее подвержены загрязнению воздуха оказались территории вблизи ул. Воровского от пересечения с Октябрьским проспектом до ул. Ленина и на перекрестке ул. Ленина с ул. Профсоюзной [2]. Улица Ленина считается одной из самых автотранспортно нагруженных в городе. Она используется для сквозного проезда через город по направлениям в сторону г. Перми, г. Сыктывкара на севере и г. Казани на юге. Также эта улица расположена достаточно близко к р. Вятке, поэтому ветровой вынос загрязняющих веществ, в основном, твердых пылевых частиц, также вызывает и загрязнение реки. Протяженность улицы с севера на юг составляет 6,6 км. Ландшафт улицы неравномерный. Имеются резкие повышения и понижения рельефа. Улица Ленина пересекает р. Хлыновку – важный приток р. Вятки на территории г. Кирова.

В последнее время ведется активное освоение и застройка новых городских территорий, что также влияет на количество автотранспорта и выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Автотранспортная нагрузка в городе распределяется неравномерно в течение суток. Наибольшая активность отмечается с 7 до 10 ч утром и с 16 до 19 ч вечером. К тому же, на въездах в город и на крупных перекрестках наблюдаются застои автомобилей, что также приводит к дополнительному загрязнению с выхлопными газами.

Для проведения измерений было выбрано 10 ключевых участков на протяжении ул. Ленина. Это места понижения и повышения ландшафта, а также участки вблизи крупных перекрестков и значимых объектов, к ним относятся:

- 1) микрорайон «Солнечный берег» – участок с максимальной высотой 162 м;
- 2) участок вблизи слободы Чижи;
- 3) перекресток с ул. Тимирязева;
- 4) участок вблизи зоологического музея и дендрария;
- 5) мост через р. Хлыновка – участок с минимальной высотой ландшафта 111 м;
- 6) перекресток с ул. Воровского, вблизи филармонии и парка им. Гагарина;
- 7) участок рядом с оврагом и ул. Горбачёва;
- 8) участок вблизи центральной гостиницы;
- 9) участок вблизи лицея № 28;

10) на перекрестке с ул. Профсоюзной – выезд из г. Кирова.

Размещение участков изображено на рисунке 1. Измерения проводили 30.03.2022 с 8 до 11 ч и 31.03.2022 в вечерние часы: с 16 до 19 ч.



Рис. 1. Карта-схема размещения участков измерения экспресс-методом содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе вдоль ул. Ленина на территории г. Кирова

Для исследований состояния атмосферного воздуха было выбрано 5 общепромышленных загрязняющих веществ. Это, в первую очередь, угарный и углекислый газы, а также сероводород, метан и аммиак. Измерение проводилось с использованием портативного газоанализатора ГАНК-4. Данный прибор укомплектован рядом датчиков, основанных на физических методах исследования. Электрохимический метод основан на потенциостатической амперометрии, заключающейся в измерении тока при электрохимическом окислении вещества на рабочем электроде электрохимической ячейки. Сила тока пропорциональна массовой концентрации вещества в анализируемом газе. Полупроводниковый метод основан на измерении изменения электропроводности полупроводникового газочувствительного слоя при химической адсорбции газа на его поверхности, пропорциональной концентрации определяемого вещества. Термокаталитический метод основан на измерении изменения проводимости на платино-палладиевом электроде при термокаталитической реакции, пропорциональной концентрации определяемого вещества [3]. Эти методы не требуют использования расходных материалов, а для измерения отдельных веществ требуются сменные химические кассеты, представляющие собой ленту с нанесенным реактивом. Оптронноспектрофото-

метрический метод основан на измерении скорости изменения оптической плотности (скорости потемнения) реактивной ленты, пропорциональной концентрации определяемого вещества [3]. Также был проведен анализ снега по показателям кислотности и по содержанию сульфатов и нитратов стандартными методиками с использованием оценочных шкал.

По результатам исследования было выявлено присутствие в атмосферном воздухе углекислого и угарного газов, а также сероводорода. Метан и аммиак выявлены не были. Результаты исследования представлены в таблице. Номера участков исследования проставлены с юга на север.

Таблица

**Результаты количественных измерений содержания газов
в атмосферном воздухе г. Кирова**

№ участка	30.03.2022, с 8 до 11 ч			31.03.2022, с 16 до 19 ч			Пробы снега		
	CO, мг/м ³	CO ₂ , мг/м ³	H ₂ S, мг/м ³	CO, мг/м ³	CO ₂ , мг/м ³	H ₂ S, мг/м ³	SO ₄ ²⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	pH
1	1,2	527,3	0	1,9	628,0	0,004	154	5–15	5,0
2	6,2	556,0	0,002	2	605,4	0,003	346	5–15	5,0
3	3,8	562,4	0,001	1,1	611,1	0,002	269	15	5,0
4	0,7	563,9	0,001	2	600,7	0,001	384	0–5	5,0
5	2,3	578,9	0,001	0,4	597,2	0,001	230	15	5,0
6	0,5	588,7	0,001	0,8	558,7	0	230	15–45	5,0
7	0,9	589,7	0,002	1,4	547,3	0,001	192	5–15	5,5
8	0,4	583,3	0,002	1,4	535,4	0,001	192	15–45	5,0
9	0,5	600,3	0,001	0,5	544,3	0	230	15–45	5,0
10	1,6	611,2	0,001	3,1	517,1	0	154	5–15	6,0
ПДК	5	3900	0,008	5	3900	0,008	–	–	5–6

Примечание: прочерк обозначает отсутствие ПДК.

Результаты также представлены в графическом виде на рисунках 2–4.

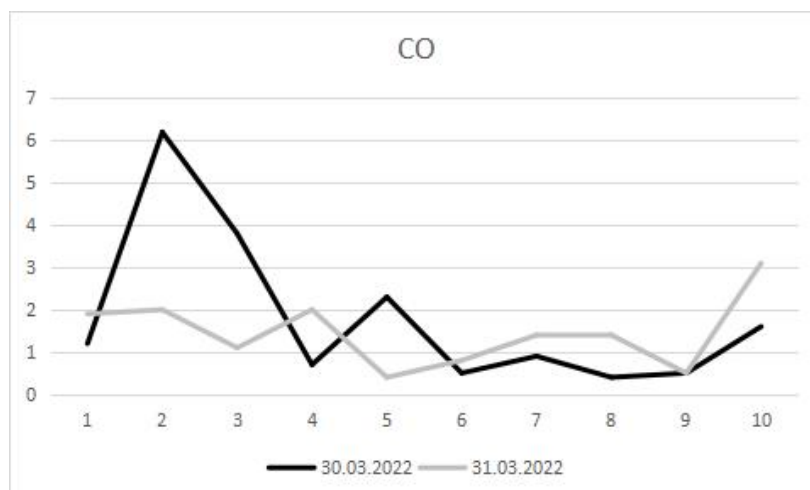


Рис. 2. Содержание угарного газа в воздухе, мг/м³

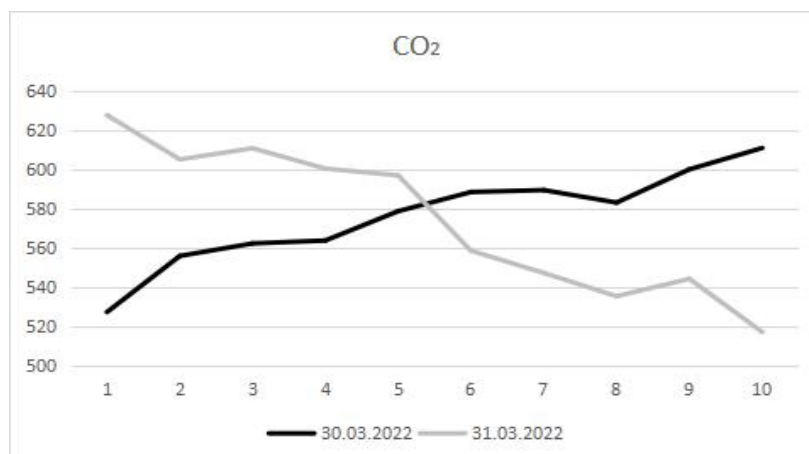


Рис. 3. Содержание углекислого газа в воздухе, мг/м³



Рис. 4. Содержание сульфатов в снеге, мг/дм³

По данным 1996 г., участком с наиболее повышенным загрязнением считалась территория от моста через р. Хлыновку до пересечения с ул. Московской (участки 5–8) [1]. В настоящее время территория с повышенным содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе сместилась к югу: от ул. Рудницкого до моста через р. Хлыновку (участки 2–5). Концентрация угарного газа в утренние часы выше, особенно это проявляется вблизи слободы Чижи в утренние часы, где было отмечено незначительное превышение в атмосфере среднесуточного значения ПДК. Также этот показатель повышен вблизи перекрестка с ул. Профсоюзной. Это может быть связано со скоплением автотранспорта на данных участках. Содержание углекислого газа в утренние и вечерние часы значительно различается. Утром оно равномерно повышается с юга на север, а вечером – равномерно снижается. Вероятней всего, это связано с автотранспортом, который вечером скапливается в южной части ул. Ленина, а также с ветровым переносом. Следует отметить, что в начале весеннего сезона года зеленые насаждения еще не оказывают се-

рьежного влияния на поглощение углекислого газа. Содержание сероводорода в воздухе остается незначительным, но при этом слегка повышается к вечеру.

В пробах снега, отобранных с ул. Рудницкого до р. Хлыновки на участках 2–5, отмечено повышенные значения содержания сульфатов. Количество нитратов в пробах снега колеблется незначительно. Показатель кислотности везде равномерный – слабокислый (в основном рН 5) при нормативе, равном 5–6.

Изучение состояния лишенофлоры на деревьях вдоль всей ул. Ленина позволяет сделать вывод о том, что если по данным 1996 г. «лишайниковая пустыня» проявлялась в основном на центральных перекрестках ул. Ленина и, в особенности, на перекрестке с ул. Профсоюзной, то в настоящее время она отмечается, за редким исключением, на большинстве деревьев вдоль всей улицы.

В заключение следует отметить, что использование портативного газоанализатора ГАНК-4 в комплексе с методами биоиндикации позволяет в оперативном режиме выявлять участки с различной степенью подверженности негативным факторам и проследить изменения во времени и в географическом пространстве городской среды. В настоящее время наиболее загрязненным является атмосферный воздух на участке ул. Ленина от пересечения с ул. Рудницкого до моста через р. Хлыновку, что вполне закономерно. За последние годы город в южном направлении существенно изменился, здесь построен большой жилой массив с мощным потоком автотранспорта при въезде и выезде из города Кирова, его постоянными «пробками» на данной части территории ул. Ленина.

Библиографический список

1. Памятная Книжка Кировской области и Календарь на 2020 год : информ.-стат. сб. / под ред. М. В. Ардышева, В.А. Зырина, С. Н. Ворожцовой, Т. А. Дворецкой, Н. С. Дудиной, Г. В. Журавлевой, А. Н. Завалиной, М. А. Катюхиной, Н. М. Мясниковой, Л. М. Романенко, М. С. Судовикова, О. Ю. Трапезниковой, И. В. Шамовой. Киров : Террит. орган Федер. службы гос. статистики по Киров. обл., 2019. 444 с.
2. Окружающая природная среда Кировской области : материалы научных исследований / под ред. Т. Я. Ашихминой, В. М. Сюткина, Н. А. Буркова. Киров : Вятский госпедуниверситет, 1996. 480 с.
3. Газоанализатор универсальный ГАНК-4. Руководство по эксплуатации. Москва : ООО «НПО «Прибор» Ганк», 2019. 53 с.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОСТАНЦИЙ НА ПЛАТФОРМЕ CITYAIR ДЛЯ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

М. Г. Кургузкин, Е. С. Вершинина

*Автономное учреждение «Управление Минприроды УР»,
mgk@minpriroda-udm.ru, umpr18@mail.ru*

Приведены результаты пробной эксплуатации автоматизированных микростанций в системе мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в г. Ижевске. Показаны преимущества непрерывного контроля концентрации примесей, как способа повышения достоверности и информативности результатов мониторинга.

Ключевые слова: мониторинг атмосферного воздуха, автоматизированные микростанции, предельно допустимые концентрации, временные ряды.

Мониторинг состояния атмосферного воздуха является важнейшим элементом системы охраны окружающей среды и здоровья населения. Основной проблемой получения полной и достоверной информации о состоянии воздушной среды является неразвитость, а в ряде случаев и полное отсутствие территориальных наблюдательных сетей, создание и функционирование которых требует значительных организационных и финансовых затрат.

Решение этой проблемы возможно при использовании, наряду с классическими инструментальными методами мониторинга, автоматизированных систем измерения параметров воздушной среды.

Ниже описаны результаты пробного использования автоматизированных микростанций на платформе ООО CityAir (cityair.io) для определения загрязнения атмосферного воздуха в г. Ижевске. Термин «платформа» в данном случае обозначает комплекс, состоящий из автоматизированных станций измерения концентраций примесей, средств передачи данных, а также программных средств для анализа (включая моделирование) и визуализации результатов.

Комплекс использовавшегося оборудования состоит из трех блоков: основной блок и два модуля расширения G1 и G2. В основном блоке находится оптический датчик, позволяющий определять концентрации взвешенных частиц PM10 (размером 10 мкм) и PM2,5 (размером 2,5 мкм), а также массовую концентрацию пыли в воздушной среде. С помощью этого блока в процессе мониторинга фиксируются также метеопараметры: температура, относительная влажность и атмосферное давление.

Модуль расширения G1 предназначен для определения концентраций оксида углерода, озона и диоксида азота, модуль G2 – для определения концентраций сероводорода и диоксида серы.

В рамках пробной эксплуатации комплексы автоматизированной микростанции CityAir были размещены в двух точках на территории г. Ижевска. Первая из них расположена в районе жилой и офисной застройки, вторая размещена на промышленной территории, вблизи пересечения крупных транспортных магистралей. Минимальная дискретность измерения примесей составляет 5 мин. Выгрузка результатов измерений в формате XLS за определенный период времени возможна также с дискретностью 20 мин, 1 ч и 1 сут. Период пробной эксплуатации автоматизированных микростанций составил около 6 месяцев.

Полученные результаты мониторинга позволяют сформулировать следующие выводы. Концентрации контролируемых веществ характеризуются весьма значительными разбросами. На рисунке 1 в качестве примера приведено изменение концентрации диоксида азота в первой точке с суточным интервалом за весь период наблюдения. Наблюдаемые разбросы более чем на два порядка характерны и для других исследуемых примесей.

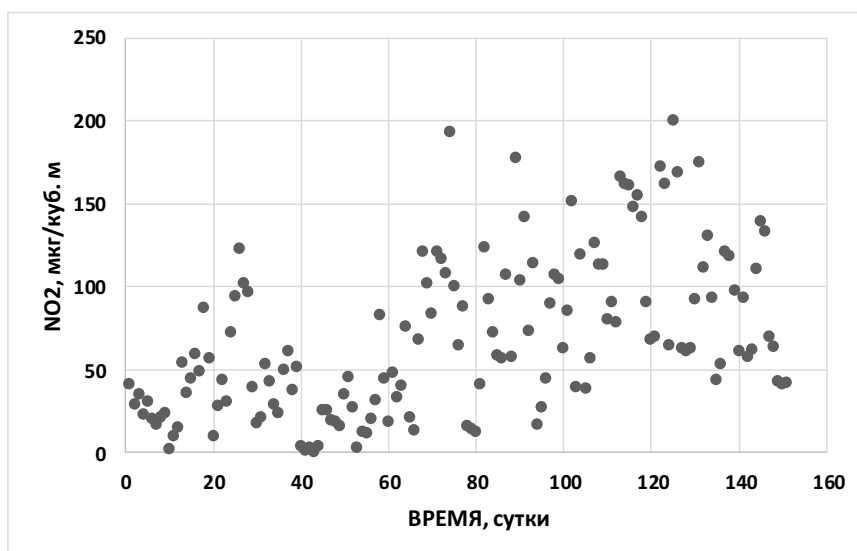


Рис. 1. Изменение концентрации диоксида азота в точке 1 за весь период наблюдений

Анализ изменения концентраций показывает, что превышение средне-суточных предельно допустимых концентраций (ПДК) диоксида азота в воздухе (40 мкг/м^3), а также максимально разового ПДК (85 мкг/м^3) наблюдается на протяжении значительных промежутков времени.

Таким образом, «традиционная» оценка уровня загрязнения на основе сравнения ПДК с выборочным средним или модой в ряде случаев может привести к некорректным выводам. Например, при исследованиях корреляции между уровнями загрязнения атмосферного воздуха и состоянием здоровья населения.

Анализ графической информации в увеличенном масштабе позволяет предположить наличие «квазипериодических» колебаний значений концен-

трации. В качестве примера на рисунке 2 приведено суточное изменение концентрации диоксида азота в марте – апреле 2021 г.

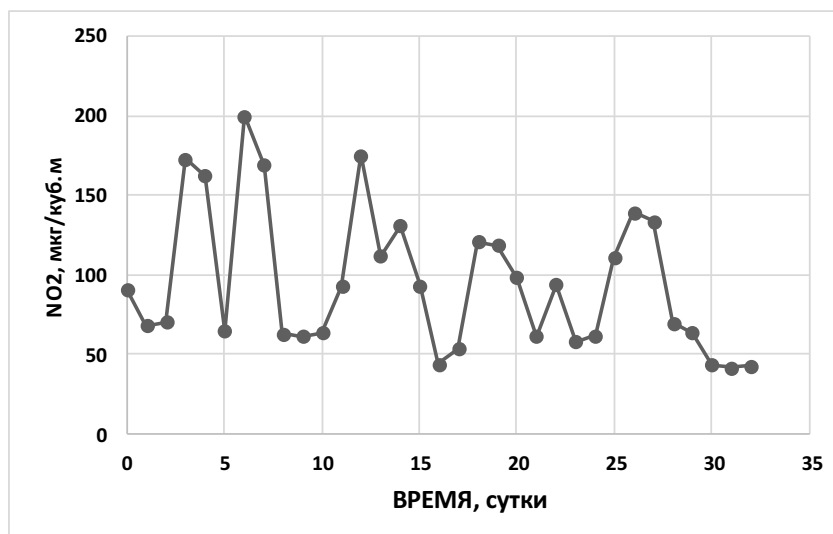


Рис. 2. Изменение концентрации диоксида азота в течение месяца

С учетом того, что подобные результаты демонстрируют и другие контролируемые вещества, корректный анализ результатов мониторинга требует использования методов анализа временных рядов [1] с целью выявления трендов, а также сезонной и стохастической составляющих. При этом для получения достоверных результатов временной период наблюдений должен охватывать все сезоны и составлять как минимум 2–3 года.

Преимущества непрерывного контроля концентрации загрязняющих веществ в воздушной среде продемонстрированы на рисунке 3. В качестве примера приведен график изменения концентрации мелкодисперсной пыли PM_{2,5} в течение 19 часов. Временной отрезок выбран, исходя из нормативных документов Росгидромета [2], в соответствии с которыми пробоотбор осуществляется 4 раза в сутки: в 1:00; 7:00; 13:00 и 19:00 ч местного времени. Значения концентраций PM_{2,5} в указанные моменты времени соединены на рисунке 3 штриховой линией. Ее сравнение с почасовым изменением концентраций PM_{2,5} демонстрирует существенное отличие. При этом, как следует из рисунка, за рамками контроля даже по полной программе пробоотбора оказываются точки с превышением ПДК (35 мкг/м³). С учетом того, что отбор проб осуществляется, как правило, по сокращенной (7:00 и 13:00 ч) программе указанное отличие еще более возрастает.

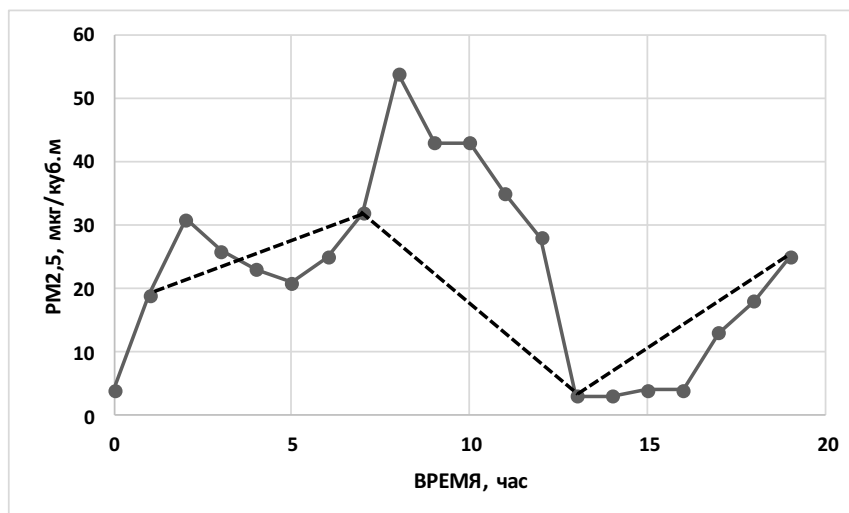


Рис. 3. Изменение концентрации PM2,5 в течение 19 часов

Таким образом, непрерывный контроль загрязнения воздушной среды на основе использования автоматических микростанций позволяет существенно повысить информативность и достоверность мониторинга атмосферного воздуха. При этом рассмотрение полученных данных с учетом фактора времени даст возможность анализа природы временного ряда, его структуры и прогноза изменений в будущем.

Полугодовая эксплуатация микростанций показала надежность их функционирования, что также является важным аргументом в пользу их внедрения в практику мониторинга загрязнения воздушной среды, особенно в крупных промышленных центрах, характеризующихся высоким уровнем техногенного воздействия на окружающую среду.

Библиографический список

1. Тюрин Ю. Н., Макаров А. А. Статистический анализ на компьютере / под ред. В. Э. Фигурнова. М. : ИНФРА-М, 1998. 528 с.
2. ГОСТ 17.2.301-86 Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.

О ВЛИЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ

А. Р. Ильясова, Р. И. Каримова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
lie4ka_101@mail.ru, roxi483@mail.ru*

Проведен анализ влияния загрязнения атмосферного воздуха Республики Татарстан на заболеваемость населения болезнями органов дыхания. Отмечен рост данной патологии, выделены районы, население которых наиболее подвержены риску.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, окружающая среда, здоровье населения, болезни органов дыхания.

В последние годы отмечается растущее химическое загрязнение объектов окружающей среды, в том числе и атмосферного воздуха [1]. Аэрогенные поллютанты представляют опасность для здоровья людей, так как концентрируются в основном в зоне дыхания человека. Ингаляционный путь является наиболее быстрым и легким способом проникновения ксенобиотиков в организм человека. Следствием загрязнения атмосферного воздуха является развитие и рост экологически обусловленных заболеваний, в первую очередь, болезней органов дыхания (БОД) [2]. Это наиболее широко распространенный класс болезней, представляющий собой значимую медико-социальную проблему. Республика Татарстан входит в группу субъектов Российской Федерации, в которых смертность населения от болезней органов дыхания имеет устойчивую связь с загрязнением атмосферного воздуха оксидами азота, взвешенными веществами, формальдегидом, аммиаком, гидроксibenзолом и его производными, дигидросульфидом, хлором [3].

Целью данного исследования является анализ влияния загрязнения атмосферного воздуха Республики Татарстан на заболеваемость населения болезнями органов дыхания.

В Республике Татарстан (РТ) за период 2011–2019 гг. наблюдается заметное увеличение количества выбросов вредных веществ в связи с ростом числа новых источников. Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух, являются углеводороды, включая летучие органические соединения (ЛОС) – 137,3 тыс. т, диоксид серы – 34,2 тыс. т, оксиды азота – 44,2 тыс. т, оксид углерода – 59,7 тыс. т, взвешенные вещества – 12,3 тыс. т и прочие – 3,9 тыс. т [3]. По данным Управления Роспотребнадзора по РТ, в структуре общего количества проб воздуха, не соответствующих гигиеническим требованиям, а в 2020 г. наибольший объем приходился на сажу (27%), диоксид азота (25%), оксид углерода (16%), взвешенные вещества (15,0%), аммиак (3%), сероводород (3%), фенол (2%) [4].

В структуре первичной заболеваемости населения РТ БОД традиционно занимают лидирующую позицию, на их долю среди всех болезней приходится до 44,4% выявленной впервые в жизни патологии. Среди населения чаще регистрируются острые респираторные инфекции верхних дыхательных путей. С возрастом наблюдается рост заболеваемости хроническим бронхитом, эмфиземой, астмой. Заболеваемость болезнями органов дыхания среди всех возрастным групп РТ также занимает лидирующее положение: на детское население (0–14 лет) приходится 63,5% от всех болезней, на подростков (15–17 лет) – 43,7%, на взрослых (18 лет и старше) – 31,1%. Средний годовой показатель первичной заболеваемости болезнями органов дыхания в РТ в период с 2011 по 2019 гг. составил 350,5 случаев на 1000 человек. По данным официальной статистики отмечено, что в сравнении с 2015 г. показатель заболеваемости среди взрослых (18 лет и старше) снизился на 2% ($R^2 = 0,09$), а среди детей (0–14 лет) и подростков (15–17 лет) вырос на 2,6% ($R^2 = 0,3$) и 12,2% ($R^2 = 0,8$) соответственно [3].

По результатам анализа заболеваемости БОД среди всего населения по физико-географическим районам РТ, зонами с наибольшей концентрацией заболеваемости БОД являются Предкамье (384,2) и Восточное Закамье (338,1). Анализируя полученные результаты с уровнем антропогенной нагрузки в данных районах, можно отметить, что выделенные зоны высокой заболеваемости БОД территориально соответствуют областям с высокой техногенной нагрузкой (рис. 1).

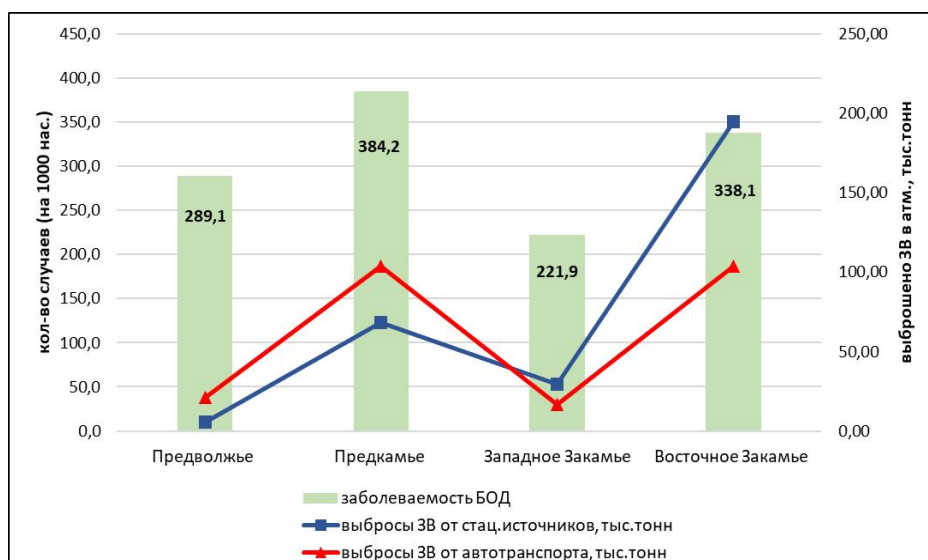


Рис. 1. Взаимосвязь между заболеваемостью БОД и количеством выбросов от стационарных и транспортных источников на территории РТ

Крупные города, на которые приходится основная антропогенная нагрузка: в Предкамье – Казань, Елабуга, Арск; в Восточном Закамье – Набережные Челны, Альметьевск, Нижнекамск, Бугульма, Заинск, Лениногорск. Известно, что в Предкамье и Восточном Закамье сосредоточен основной промышленный потенциал республики. В РТ вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят как стационарные, так и передвижные источники, причем наибольшее воздействие оказывает автомобильный транспорт (на 12,9%) [5]. Так, в Бугульме выбросы загрязняющих веществ от транспорта составляли 85,5%, в Зеленодольске – 77,2%, в Казани – 70,17%, в Набережных Челнах – 61,04% [3]. Большая часть Предкамья, Предволжья и Западное Закамье РТ представляют собой аграрные районы.

Проведенный корреляционный анализ выявил сильную, достоверную зависимость ($R = 0,7374$) между первичной заболеваемостью болезнями органов дыхания всего населения РТ и общим объемом выбросов 3В в атмосферу (рис. 2). Однако наиболее сильная зависимость прослеживается между заболеваемостью и выбросами 3В от автотранспортных средств ($R = 0,7264$), в отличие от стационарных предприятий ($R = 0,4894$). Аналогичная связь была выявлена в возрастной группе «дети» и «подростки», однако в группе «взрослые» взаимосвязь отсутствует.

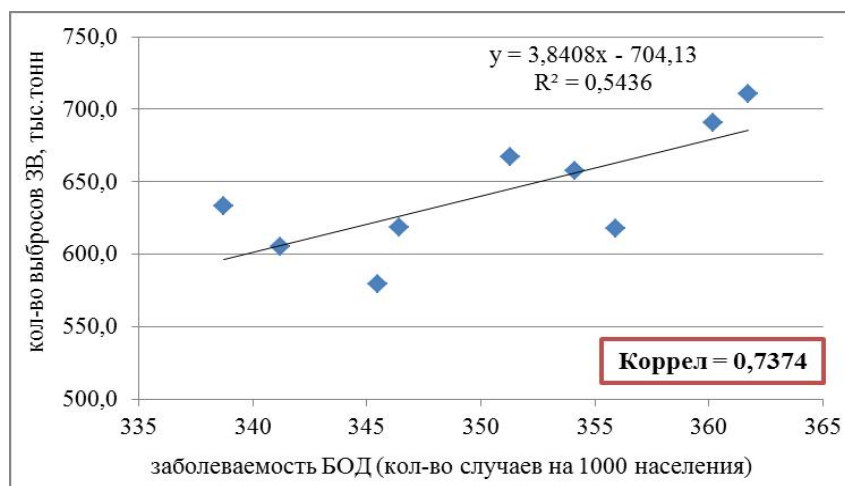


Рис. 2. Корреляционный анализ зависимости заболеваемости болезнями органов дыхания населения от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух РТ

Сравнительный анализ статистических данных пространственного распределения заболеваемости позволил подтвердить вывод, что в целом, антропогенная нагрузка на окружающую среду от автотранспорта территориально соответствует зонам концентрации заболеваемости [6], качество окружающей среды которых обуславливает значительную предрасположенность территории к формированию заболеваемости. Проанализированные статистические данные показали, что заболеваемости наиболее подвержены жители Предкамья (56%) и Восточного Закамья (38%), что коррелирует с данными по выбросам в атмосферу (наибольшие значения выбросов приходятся на Предкамье (23%) и Восточное Закамье (64%)).

Таким образом, к числу приоритетных факторов, влияющих на возможное проявление неблагоприятных эффектов для здоровья, относится загрязнение атмосферного воздуха. Проблема состояния воздушного бассейна остается одним из важнейших показателей окружающей среды, а заболеваемость населения служит определяющим критерием при оценке здоровья людей в зависимости от качества природной среды.

Библиографический список

1. Совершенствование подходов к оценке воздействия антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на население в целях управления рисками для здоровья / А. О. Карелин, А. Ю. Ломтев, М. В. Волкодаева, Г. Б. Еремин // Гигиена и санитария. 2019. № 1. С. 82–86.
2. Капранов С. В., Коктышев И. В. Влияние загрязнителей атмосферного воздуха на возникновение заболеваний органов дыхания у детей и подростков // Медицинский вестник Юга России. 2017. № 8(3). С. 38–45.
3. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Татарстан». 2011–2019 гг.
4. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2020 году». Казань, 2020. 394 с.

5. Корсукова Н. В., Ильясова А. Р. Загрязнение атмосферного воздуха как фактор формирования заболеваемости среди населения Республики Татарстан // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. Киров : ВятГУ, 2018. С. 230–234.

6. Шакирова Ю. А. Анализ пространственного распределения заболеваемости населения как комплексного интегрального показателя качества окружающей среды (на примере республики Татарстан) : дис. ... канд. геогр. наук Ярославль, 2009. 126 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА КАЗАНИ

Ю. И. Шафикова, Н. Ю. Степанова

Казанский федеральный университет, shafikova.yuliya@gmail.com

В статье представлены данные мониторинга атмосферного воздуха вблизи ряда химических и муниципальных объектов г. Казани. Рассчитаны величины канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью людей при пожизненном вдыхании воздуха. Канцерогенный риск характеризуется как средний, а неканцерогенный как опасный и чрезвычайно опасный.

Ключевые слова: мониторинг атмосферного воздуха, канцерогенный и неканцерогенный риск.

Антропогенное загрязнение среды промышленных городов загрязняющими веществами и его негативное влияние на здоровье населения является одной из серьезных проблем современности [1]. В крупных городах остро стоит проблема загрязнения атмосферного воздуха, что связано с выбросами автотранспорта и промышленных объектов.

Загрязняющие вещества, поступающие в атмосферный воздух, могут оказывать токсическое воздействие на здоровье человека, а также ухудшать состояние окружающей среды в целом [2]. Токсическое воздействие может проявляться на здоровье населения в виде канцерогенных и неканцерогенных эффектов [3–5]. В этой связи недостаточно оценивать качество атмосферного воздуха только с помощью установленных нормативов, но необходимо использовать концепцию экологического риска. Экологический риск – это средство, позволяющее произвести оценку отложенных эффектов на здоровье людей при воздействии вредного фактора. Расчет риска позволяет наиболее полно оценить вероятность появления ущерба здоровью населения, в зависимости от уровня воздействия вредного вещества, присутствующего в воздухе [6].

Целью данной работы было оценить качество атмосферного воздуха г. Казани вблизи промышленных объектов (ПАО «Казаньоргсинтез», МУП Водоканал (иловые карты), полигон ТБО, АО «Нэфис Косметикс», Технополис «Химград») с помощью нормативов и через величины канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью взрослого населения.

Отбор проб воздуха осуществлялся один раз в месяц в течение 2018, 2019, 2020 гг. с помощью передвижной лаборатории ПЭП-1-1-М в зонах воздействия ряда химических и коммунальных предприятий г. Казани в зависимости от направления ветра. Определение содержания ингредиентов, указанных в таблице, проводили по стандартным методикам.

Расчет канцерогенного (R) и неканцерогенного риска (HQ) проводили в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [7]. В расчете риска использовали усредненные значения за 2018, 2019, 2020 гг. по каждому ингредиенту.

Средние многолетние значения определяемых показателей не превышали ПДК_{мр} на всех исследованных объектах (табл.).

Таблица

Среднемноголетние значения показателей, величины неканцерогенного (HQ) и канцерогенного риска (R) в зоне воздействия химических и муниципальных предприятий г. Казани

Компоненты	ПДК _{мр}	Среднее значение	Стандартное отклонение	HQ	R
1	2	3	4	5	6
АО НЭФИС					
Оксид углерода	5	0,5	0,2	0,1	—
Аммиак	0,2	0,02	0,001	0,1	—
Азота оксид	0,4	0,04	0,01	0,4	—
Азота диоксид	0,2	0,04	0,02	0,7	—
Сера диоксид	0,5	0,01	0,01	0,1	—
Сероводород	0,008	0,002	0,002	0,8	—
Метан	50 (ОБУВ)	1,38	0,48	0,02	—
Толуол	0,6	0,06	0,06	0,1	—
Ксилолы	0,2	0,03	0,02	0,2	—
Бензол	0,3	0,03	0,02	0,7	0,0013
Бутилацетат	—	0,006	0,007	0,006	—
Изопропилбензол	—	0,003	0,000904	0,005	—
ПАО Казаньоргсинтез					
Углерода оксид	5	0,38	0,06	0,08	—
Аммиак	0,2	0,009	0,009	0,06	—
Азота оксид	0,4	0,025	0,006	0,3	—
Азота диоксид	0,2	0,03	0,03	0,5	—
Сера диоксид	0,5	0,006	0,005	0,08	—
Сероводород	0,008	0,001	0,0008	0,4	—
Метан	50 (ОБУВ)	1,2	0,4	0,02	—
Толуол	0,6	0,02	0,02	0,04	—
Ксилолы	0,2	0,02	0,03	0,1	—
Бензол	0,3	0,02	0,02	0,5	0,00018
Фенол	0,05	0,006	0,0007	0,6	—
Формальдегид	0,5	0,01	0,003	2,2	0,00013

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
МУП Водоканал					
Углерода оксид	5	0,42	0,09	0,04	—
Аммиак	0,2	0,014	0,003	0,04	—
Азота оксид	0,4	0,08	0,06	0,4	—
Азота диоксид	0,2	0,05	0,03	0,3	—
Сера диоксид	0,5	0,011	0,008	0,06	—
Сероводород	0,008	0,008	0,004	1,2	—
Метан	50 (ОБУВ)	1,3	0,5	0,007	—
Толуол	0,6	0,06	0,04	0,04	—
Ксилолы	0,2	0,04	0,03	0,1	—
Бензол	0,3	0,03	0,02	0,3	0,00012
Бутилацетат	—	0,010	0,013	0,004	—
Изопропилбензол	—	0,005	0,001	0,003	—
Технополис Химград					
Углерода оксид	5	0,8	0,3	0,07	—
Аммиак	0,2	0,026	0,008	0,07	—
Азота оксид	0,4	0,08	0,03	0,4	—
Азота диоксид	0,2	0,05	0,02	0,4	—
Сера диоксид	0,5	0,03	0,05	0,2	—
Сероводород	0,008	0,003	0,001	0,4	—
Метан	50 (ОБУВ)	1,4	0,6	0,008	—
Фенол	0,05	0,008	0,009	0,4	—
Формальдегид	0,5	0,010	0,003	0,9	$5,54 \cdot 10^{-5}$
Толуол	0,6	0,05	0,006	0,04	—
Ксилолы	0,2	0,03	0,03	0,08	—
Бензол	0,3	0,03	0,02	0,2	$8,49 \cdot 10^{-5}$
Полигон ТБО					
Углерода оксид	5	0,6	0,4	0,05	—
Аммиак	0,2	0,02	0,002	0,04	—
Азота оксид	0,4	0,02	0,009	0,1	—
Азота диоксид	0,2	0,04	0,03	0,3	—
Сера диоксид	0,5	0,007	0,002	0,04	—
Сероводород	0,008	0,003	0,0003	0,4	—
Метан	50 (ОБУВ)	1,3	0,5	0,008	—
Фенол	0,05	0,004	0,002	0,2	—
Формальдегид	0,5	0,01	0,002	1,1	$6,59 \cdot 10^{-5}$
Толуол	0,6	0,03	0,01	0,02	—
Ксилолы	0,2	0,02	0,02	0,06	—
Бензол	0,3	0,03	0,02	0,3	$9,49 \cdot 10^{-5}$

Примечание: прочерк обозначает, что показатель отсутствует или не может быть рассчитан.

Поингредиентный расчет риска показал, что при пожизненном вдыхании воздуха вблизи исследованных объектов появляется угроза здоровью и жизни населения. Как показано на рисунке 1, уровень неканцерогенного риска составляет 2,5–4,9, что характеризует его как средний.

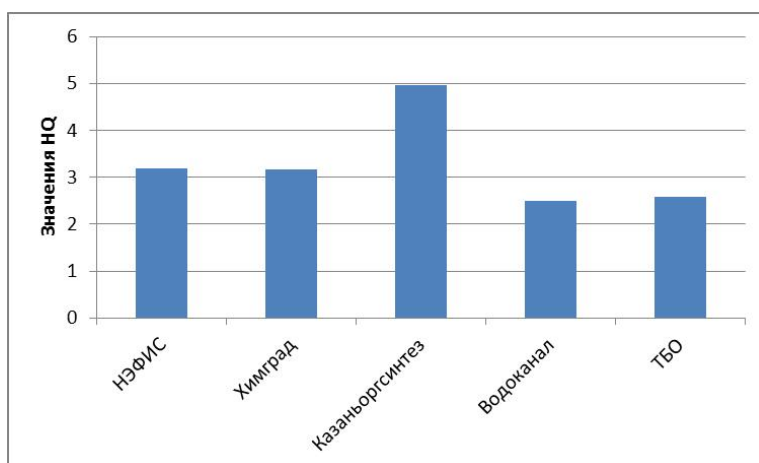


Рис. 1. Уровень неканцерогенного риска при вдыхании загрязненного воздуха вблизи исследованных объектов

Расчет канцерогенного риска проводили по бензолу и формальдегиду (рис. 2), значения R варьировали в интервале $1,1 \cdot 10^{-4}$ – $1,3 \cdot 10^{-3}$. Уровень загрязнения воздуха в районе АО НЭФИС соответствует чрезвычайно опасному уровню, для других предприятий – опасному уровню.

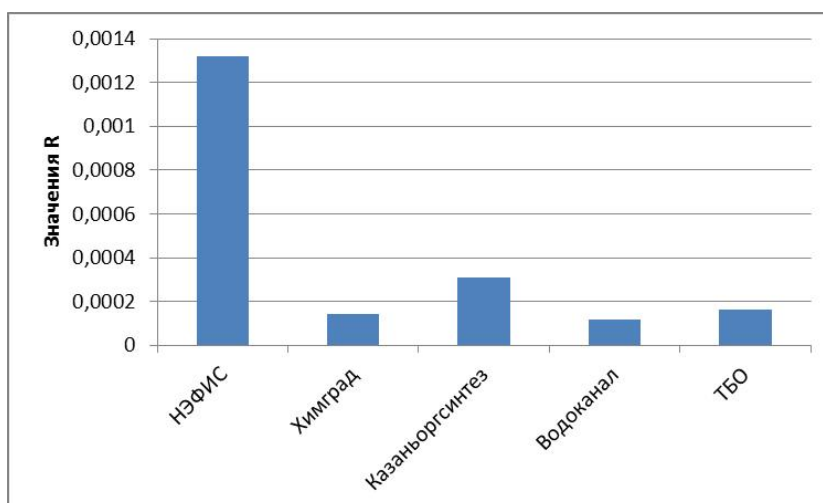


Рис. 2. Уровень канцерогенного риска при вдыхании загрязненного воздуха вблизи исследованных объектов

Таким образом, результаты проведенного исследования продемонстрировали недостаточность традиционного подхода оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха с помощью ПДК. Для оценки пролонгированных эффектов здоровью людей, проживающих вблизи исследованных объектов, необходимо использовать оценку экологического риска.

Библиографический список

1. Глебова Л. А. Гигиеническая оценка формирования нарушения здоровья детского населения при комплексном воздействии факторов окружающей среды в углехимических центрах Кузбасса : автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.02.01. Кемерово, 2015. 153 с.

2. Ghorani-Azam A., Riahi-Zanjani B., Balali-Mood M. Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran // Journal of Research in Medical Sciences. 2016. Vol. 20. No. 11. P. 1021–1126. doi: 10.4103/1735-1995.189646
3. Фокин С. Г. Оценка воздействия на население Москвы загрязнений атмосферного воздуха канцерогенными веществами // Гигиена и санитария. 2010. № 1. С. 18–21. doi: 10.21668/health.risk/2016.3.03
4. Чубирко М. И., Пичужкина М. И. Гигиеническая диагностика влияние загрязнений атмосферного воздуха на здоровье населения // Здоровье населения и среда обитания. 2008. № 1. С. 1920.
5. Dales R. E., Cakmak S., Vidal C. B. Air pollution and hospitalization for venous thromboembolic disease in Chile // J. Thromb. Haemost. 2010. Vol. 8. No. 4. P. 669–674. doi: 10.1111/j.1538-7836.2010.03760.x
6. Разработка параметров для оценки неканцерогенного риска при хроническом ингаляционном поступлении бензола и среднегодовой предельно допустимой концентрации бензола по критериям риска для здоровья населения / П. З. Шур, Н. В. Зайцева, А. А. Хасанова, К. В. Четверкина, В. М. Ухабов // Анализ риска здоровью. 2021. № 4. С. 42–49. doi: 10.21668/health.risk/2021.4.04
7. Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ОСНОВАНИИ СНЕГОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

И. А. Матюхин, Д. А. Субботина, А. В. Ланько, О. Л. Качор
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
ya.Matyhin2012@yandex.ru

В статье представлены результаты исследования состояния атмосферного воздуха в городе Иркутск на основании проведенной снегохимической съемки. Авторами рассматривается комбинирование стандартной методики анализа снежного покрова с использованием геоинформационных технологий. Показано, что привлечение к снегохимической съемке пространственного анализа данных позволяет не только определить концентрации различных химических элементов, но и выделить ореолы распространения загрязняющих веществ с установлением существенных аномалий, а также выявить предполагаемые источники загрязнения.

Ключевые слова: снегохимическая съемка, загрязняющие вещества, геоинформационные технологии, атмосферный воздух.

Ежегодно Минприроды составляет и публикует приоритетный список городов России с самым высоким уровнем загрязнения воздуха. По последним данным (2021 г.) 8 из 35 выделенных городов расположены в Иркутской области. В буферную зону байкальской природной территории (БПТ) попадают 6 городов, представленных в официальном списке.

Снегохимическая съемка – один из способов оценки состояния окружающей среды, который хорошо зарекомендовал себя на территории России. Его эффективность обусловлена тем, что большинство промышленных центров находятся в зоне устойчивого снегового покрова, что позволяет в короткие сроки исследовать состояние промышленно-урбанизированных территорий [1].

Снег обладает достаточно высокой сорбционной способностью, поэтому во время снегопада захватывает значительную часть аэрозолей и адсорбирует различные газы. На снежном покрове депонируют поллютанты, вследствие чего за период его залегания минеральные и органические вещества накапливаются в однородном естественном субстрате, сохраняясь в исходном состоянии. В свою очередь, это позволяет определить устойчивую структуру атмосферных выпадений, то есть установившийся уровень концентрации загрязняющих веществ и элементов, учитывающий как климатические условия, так и особенности городской застройки [2].

В последнее время все большую популярность в проведении исследований и производственных работ набирает привлечение методов геоинформатики, которые позволяют ускорить обработку данных, визуализировать пространственную информацию. Карты, полученные в ходе обработки данных, позволяют интерпретировать различные данные, выявлять закономерности и взаимосвязи между явлениями и объектами.

На территории Иркутского городского образования (которое включено в приоритетный список и попадает в буферную зону БПТ), а также в его пределах расположены 13 промышленных предприятий. В городе имеется действующая теплоэнергоцентраль (ТЭЦ), а также более 100 котельных. В связи с этим проведение экологического мониторинга качества атмосферного воздуха является одним из приоритетных направлений для исследований.

На данном этапе исследование проводилось в Свердловском округе г. Иркутска, в п. Марково и г. Шелехов, в дальнейшем планируется изучить остальные районы города. Были отобраны 94 пробы снега, а также 2 фоновые пробы, отобранные на значительном удалении от возможных источников загрязнения. Образцы были проанализированы на содержание 61 химического элемента в лаборатории Института геохимии СО РАН.

Масштабные снегохимические исследования проводились с целью установления качества атмосферного воздуха, выявления ореолов распространения загрязняющих веществ и предоставления информации населению, так как отдельные районы, попадающие в зону исследования позиционируются как неподверженные негативному промышленному воздействию. Другой причиной начать изучение качества атмосферного воздуха в г. Иркутск именно со Свердловского района было то, что в зоне нашего исследования проживает часть преподавательского состава, а также студенты-сотрудники института «Сибирская школа геонаук» ИРНТУ.

По результатам определения концентраций загрязняющих веществ, были построены карты превышения фактического содержания над фоном по

61 химическому элементу. Нами были выявлены ореолы распространения загрязняющих веществ с установлением их предполагаемых источников образования. Это позволяет сделать объективное заключение о состоянии качества атмосферного воздуха в изучаемой области.

Для представления результатов исследования были выбраны 2 элемента (мышьяк и уран), распределение превышения концентрации которых над фоновым значением наиболее контрастно отображает как зону загрязнения, так и предполагаемые источники загрязнения.

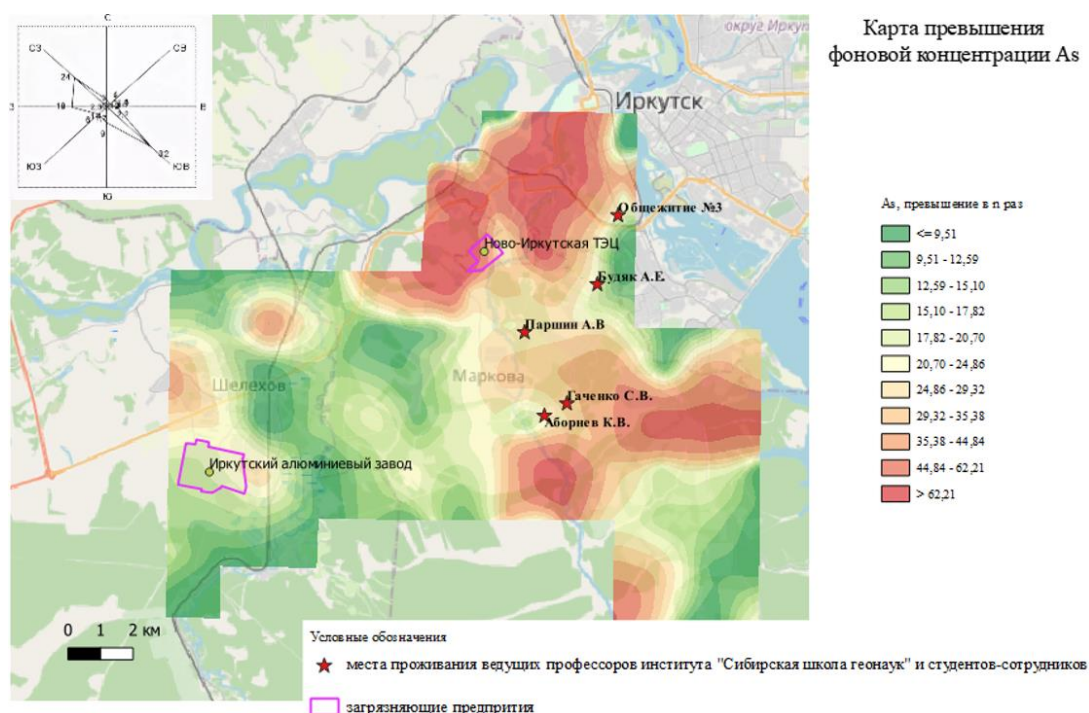


Рис. 1. Карта превышения фоновой концентрации As в снеговом покрове

Основные ореолы распространения мышьяка (Рис. 1) наблюдаются в северо-восточной и юго-западной части района исследования. Наибольшее превышение содержания As (в 62 раза выше фона) наблюдается в районе Ново-Иркутской ТЭЦ. Ореолы распространения загрязнения мышьяком совпадают с розой ветров на территории г. Иркутск, что позволяет предположить зависимость между загрязнением и используемым топливом (бурый уголь) на ТЭЦ и котельных.

Вторым элементом, выбранным для демонстрации результатов снегохимической съемки, является уран (рис. 2). Очаги загрязнения элементом установлены в районе расположения Ново-Иркутской ТЭЦ, а также на северо-востоке и востоке г. Шелехов. Повышенные относительно фона значения отмечались возле ТЭЦ, а также вблизи Иркутского алюминиевого завода (ИАЗ) может быть связано со сжиганием бурого угля, в котором может содержаться уран в небольших количествах.

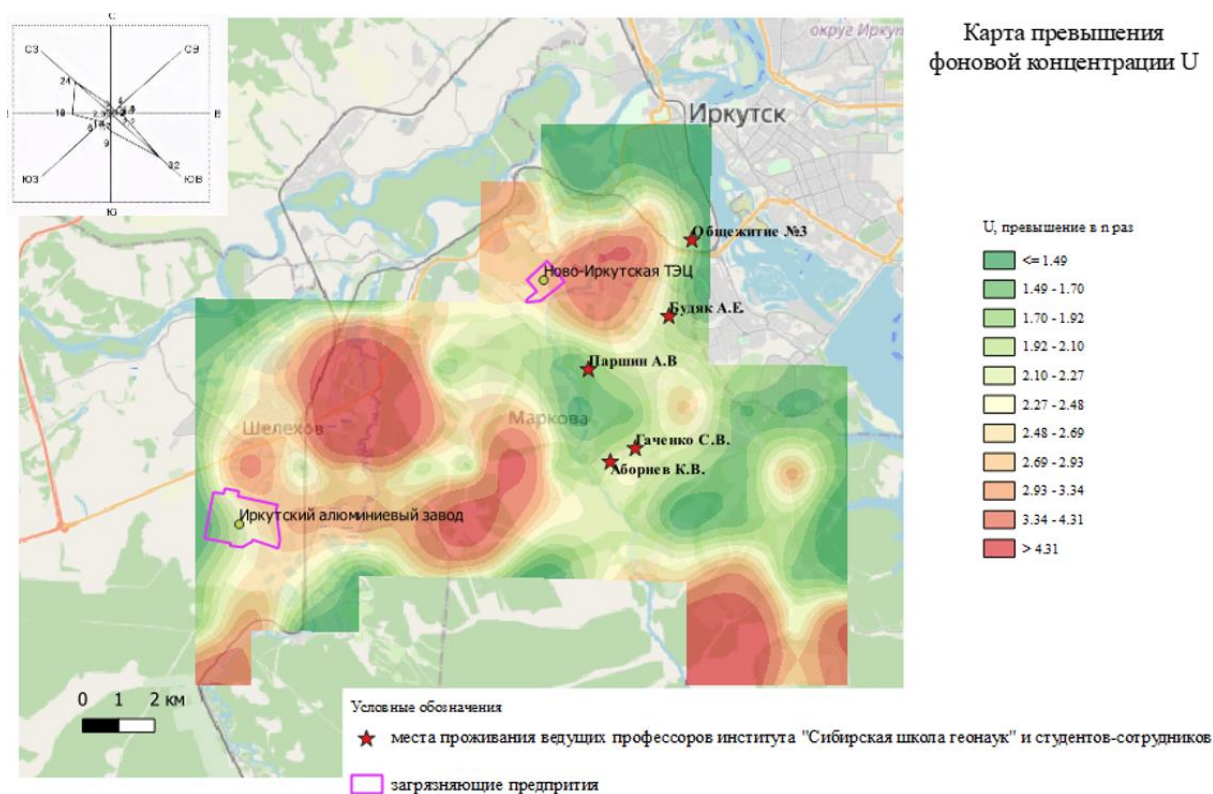


Рис. 2. Карта превышения фоновой концентрации U в снеговом покрове

Таким образом, в ходе выполнения снегохимической съемки были определены концентрации 61 химического элемента в исследуемой области, а также сделан вывод о состоянии качества атмосферного воздуха на основании карт превышения фоновых концентраций. Наибольшее превышение фоновое значение наблюдается для мышьяка в районе Ново-Иркутской ТЭЦ (в 62 раза выше фона). Наибольший ореол загрязнения наблюдается для урана, что может быть связано с деятельностью алюминиевого завода и работой ТЭЦ. По данным, полученным в ходе выполнения работ, планируется создание геопортала для предоставления населению информации об экологическом состоянии исследованной территории.

Библиографический список

1. Оценка атмосферного воздуха города Красноярска по снеговому покрову / Т. П. Стримжа, М. В. Неустроева, О. Ю. Перфилова, А. И. Фертиков // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева. 2012. № 3. С. 319–327.
2. Филимонова Л. М., Паршин А. В., Бычинский В. А. Оценка загрязнения атмосферы в районе алюминиевого производства методом геохимической съемки снежного покрова // Метеорология и гидрология. 2015. № 10. С. 75–84.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СНЕГА ГОРОДА ВОСКРЕСЕНСКА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. В. Аристархова, Д. Б. Петренко

Геологический институт РАН,

aristarkhova_lisa@mail.ru, dbpetrenko@yandex.ru

В статье представлены результаты химико-аналитического анализа содержания фторид-ионов, сульфат-ионов, натрия и калия в снеговом покрове в зоне действия предприятия по производству минеральных удобрений г. Воскресенска Московской области за один зимний период. Выявлены связи между загрязнителями методом корреляционного анализа, проведено сравнение концентраций с фоновыми значениями.

Ключевые слова: снеговой покров, г. Воскресенск, химический анализ, рН, электропроводность.

Несмотря на то, что г. Воскресенск является крупным промышленным центром, количество данных о состоянии объектов окружающей среды на его территории мало [1, 2]. Работа предприятий города, а в особенности ОАО «Воскресенский завод химических удобрений» (ОАО ВМУ) является источником загрязнения атмосферного воздуха, осадков, почвы и поверхностных вод.

В зимний период наиболее показательным объектом исследования природного комплекса является снег. Снеговой покров способен фиксировать, аккумулировать и сохранять техногенные компоненты атмосферы. В Воскресенском районе продолжительность снегового сезона составляет 4–5 месяцев (декабрь – март).

Цель работы состояла в оценке состояния атмосферного воздуха путем исследования водной фракции снега и установления следующих показателей: значений рН и электропроводности, содержания фторид-ионов и сульфат-ионов, натрия и калия.

Отбор проб проходил в конце зимнего сезона – в марте, в жилой зоне г. Воскресенска, санитарно-защитной зоне ОАО «ВМУ» и на территории поселков Федино, Ратмирово и Лопатино, прилегающих к городу. Всего было отобрано 20 проб снега на глубине 15–40 см в количестве 5–11 кернов для каждой пробы в зависимости от толщины покрова. Координаты местоположение точек фиксировались с помощью GPS навигатора.

Подготовка проб к анализу включала в себя таяние при комнатной температуре и последующую фильтрацию. Измерение значений рН проводилось на приборе «Эксперт-001», электропроводности – на кондуктометре «Эксперт-002». Измерение содержания фторид-ионов определялось потенциометрическим методом с помощью электродной системы, состоящей из фторид-селективного электрода «ЭЛИТ-221» и вспомогательного хлорид-

серебряного электрода «ЭВЛ-1М3». Определение равновесного потенциала фторидного электрода проводили на рН-метре/ионметре «Анион 4100» с точностью $\pm 0,1$ мВ. Измерение содержания сульфат-ионов проводили спектрофотометрическим методом, основанным на разрушении комплекса Ba^{2+} с сульфоназо III на спектрофотометре КФК-3. Измерение содержания натрия и калия проводили методом пламенной фотометрии на фотометре ФПА 2-01.

Результаты измерений представлены в таблице.

Таблица

Сводка результатов измерений

Показатель	Среднее	Максимум	Минимум	ПДК [4]	Фон [5–7]
рН	6,53	6,97	5,87	6–9	–
Электропроводность, мкСм/см	54,9	105,1	20,9	–	–
Фторид-ионы, мг/л	0,26	0,73	0,08	1,5	0,07
Сульфат-ионы, мг/л	5,63	7,52	3,66	500	0,38
Натрий, мг/л	2,6	11,1	0,7	200	0,74
Калий, мг/л	1,7	6,3	0,1	–	0,30

Примечание: прочерк обозначает, что показатель не установлен.

По значению рН пробы характеризуются как слабокислые – близкие к нейтральным. Подкисленность может быть обусловлена выбросом оксидов серы, азота и углерода. Электропроводность – это численное выражение способности раствора проводить электрический ток. В Российской Федерации электропроводность вод не нормируется, однако установлено, что электропроводность атмосферных осадков соответствует 20–120 мкСм/см [3]. Показатель электропроводности отобранных проб соответствует норме.

Содержание фторид-ионов превышает фоновое [5] до 3-х раз в жилой зоне, что обуславливается воздушным переносом фторсодержащих аэрозолей с ОАО «ВМУ», а также до 10 раз на территории, примыкающей непосредственно к заводу и дороге к ныне действующему объекту размещения отходов – отвалу фосфогипса «Белая гора».

Содержание сульфат-ионов превышает фоновое [6] до 12 раз в городских и пригородных территориях, а также до 21 раза в некоторых точках, что может быть связано с близостью к заводу, автомагистралям, железнодорожным путям, заброшенному складу отходов «Зеленая гора» и дороге к работающему отвалу фосфогипса.

Полученные концентрации натрия превышают фоновые [7] значения до 15 раз в точке в центре городской территории; содержание калия превышает фоновые до 20 раз, что может быть связано с активным использованием противогололедных смесей в данный зимний сезон.

На основе химического анализа фильтрата по коэффициентам парной корреляции было установлено, что электропроводность имеет тесную связь с содержанием фторид-ионов, сульфат-ионов и калия – $R = 0,79$; $R = 0,79$; $R = 0,74$ соответственно. Также отмечается наличие связи между содержанием в снеге фторид-ионов с концентрацией сульфат-ионов и калия – $R = 0,77$; $R = 0,74$ (рис. 1).

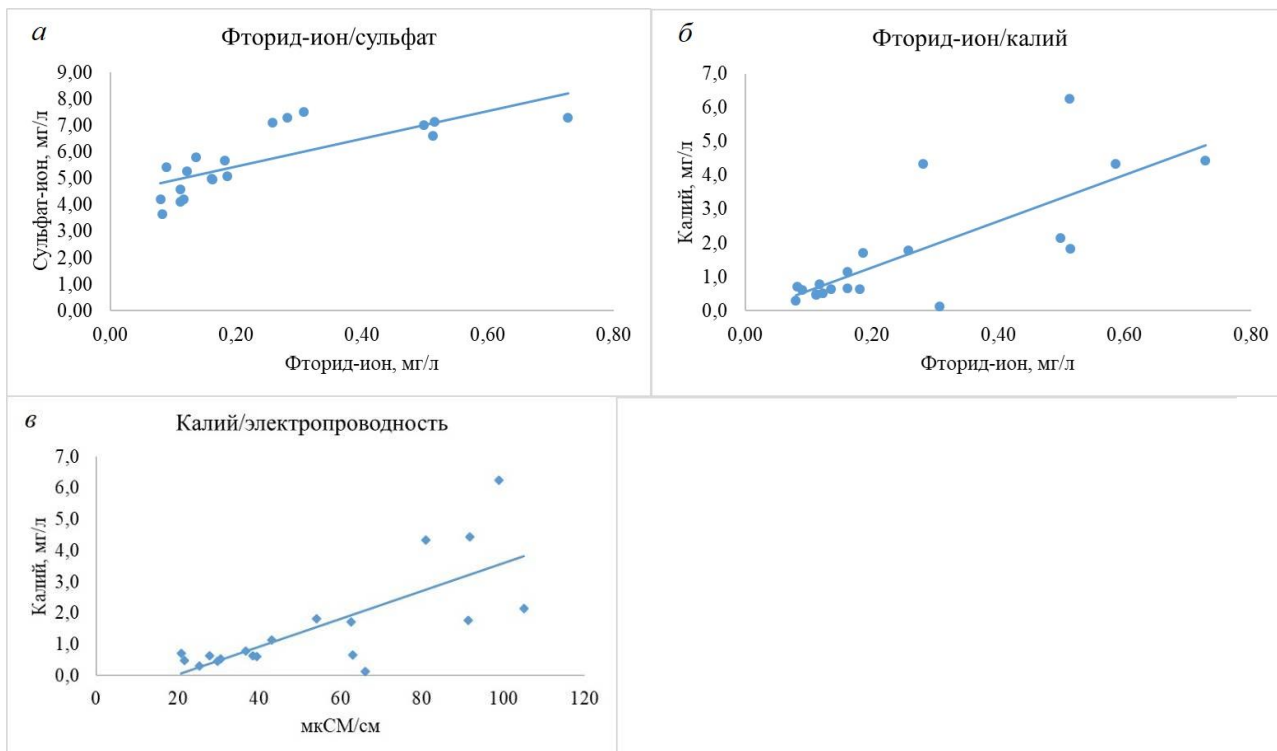


Рис. 1. Корреляция: *a* – электропроводности и фторид-ионов, *б* – электропроводности и сульфат-ионов, *в* – электропроводности и калия в фильтрате снежного покрова во всех районах исследования

Также отмечается наличие связи между содержанием фторид-ионов с сульфат-ионов и калия в снеге (рис. 2).

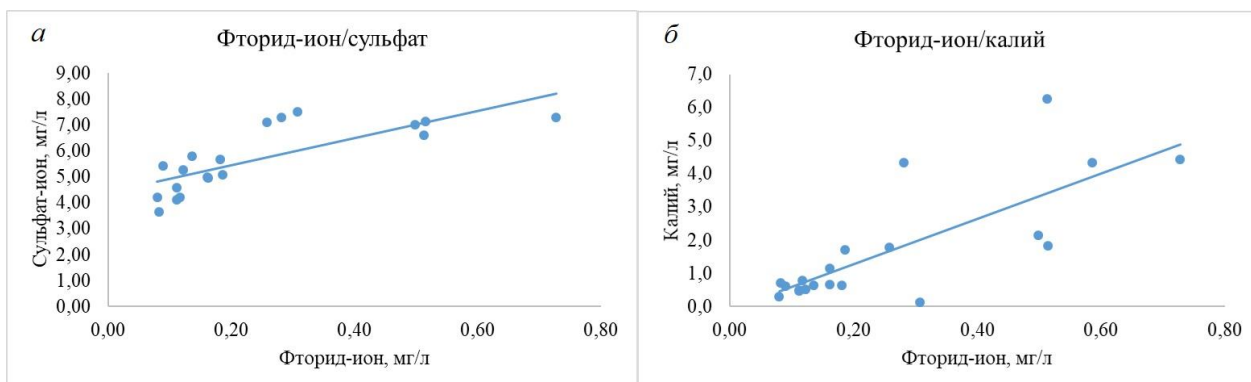


Рис. 2. Графики корреляций содержаний: *a* – фторид-ионов/сульфат-ионов; *б* – фторид-ионов/калия в фильтратах снега во всех районах исследования

Таким образом, по результатам исследования снегового покрова г. Воскресенск выявлено превышение фоновых концентраций в несколько раз для анионов и катионов, что свидетельствует о высокой антропогенной нагрузке на природный комплекс. Наибольшие концентрации загрязнителей характерны для санитарно-защитной зоны ОАО «ВМУ» и местности вблизи железнодорожных путей, а также путей транспорта к складу химических отходов.

Библиографический список

1. Плеханова И. О., Аймалетдинов Р. А. Влияние отходов производства фосфорных удобрений на экологическое состояние близлежащих территорий // Проблемы агрохимии и экологии. 2014. № 1. С. 50–54.
2. Жукова А. Д. Оценка экологического состояния почв на территории импактного влияния производства фосфорсодержащих минеральных удобрений (на примере ОАО «ВМУ») : дис. ... канд. биол. наук. М., 2017. 169 с.
3. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Т. В. Гусева, Я. П. Молчанова, Е. А. Заика, В. Н. Виниченко, Е. М. Аверочкин / под ред. Т. В. Гусевой. М. : Социально-экологический Союз, 2000. 48 с.
4. СанПиН 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».
5. Янин Е. П. Фтор в окружающей среде (распространенность, поведение, техногенное загрязнение) // Экологическая экспертиза. 2007. № 4. С. 2–98.
6. Ледники и климат Эльбруса: монография / под редакцией В. Н. Михаленко. Российская академия наук, Институт географии. Москва, Санкт-Петербург: Нестор-История, 2020. 369 с.
7. Никифорова Е. М., Кошелева Н. Е., Власов Д. В. Мониторинг засоления снега и почв восточного округа Москвы противогололедными смесями // Фундаментальные исследования. 2014. № 11(3). С. 340–347.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ И ПРИОРИТЕТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

Л. В. Пилип¹, Н. В. Сырчина²

*¹ Вятский государственный агротехнологический университет,
pilip_larisa@mail.ru*

² Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы экологической безопасности животноводства. Наибольшую угрозу при функционировании промышленных животноводческих комплексов представляет переработка и утилизация органических отходов (навоз/помет). Производство экологически безопасных и экономически выгодных органических удобрений с учетом специфики региона из навоза животных/помета птиц позволит снизить риски отрасли, сохранить плодородие пахотных земель, а также минимизировать эмиссию загрязняющих веществ в окружающую среду.

Ключевые слова: навозные стоки, загрязнение почвы, загрязнение воды, экологические риски.

Развитие приоритетной и перспективной в Российской Федерации (РФ) отрасли животноводства должно быть экологически безопасным для окружающей среды (ОС). Потенциальную угрозу представляет увеличение объемов образования органических отходов (навоз животных/помет птиц) крупными животноводческими комплексами в связи с возрастающим поголовьем. Наибольшие риски несет переработка и утилизация данного вида отхода. За период 2014–2019 гг. более 20 крупных животноводческих предприятий РФ нарушили экологическое законодательство и получили штрафы за нанесение ущерба ОС, преимущественно почве и водным объектам [1, 2].

На рисунках 1–3 представлены случаи загрязнения водных объектов Кировской области крупными животноводческими комплексами, зафиксированные специалистами министерства охраны окружающей среды Кировской области.

Целью исследования явился анализ экологических рисков, связанных с развитием и модернизацией животноводства в сфере обращения и утилизации органических отходов производства.



Рис. 1. Прорыв навозохранилища в селе Елгань на участке реки Коса Унинского района до деревни Баженово Фаленского района (ущерб 104 млн руб.)

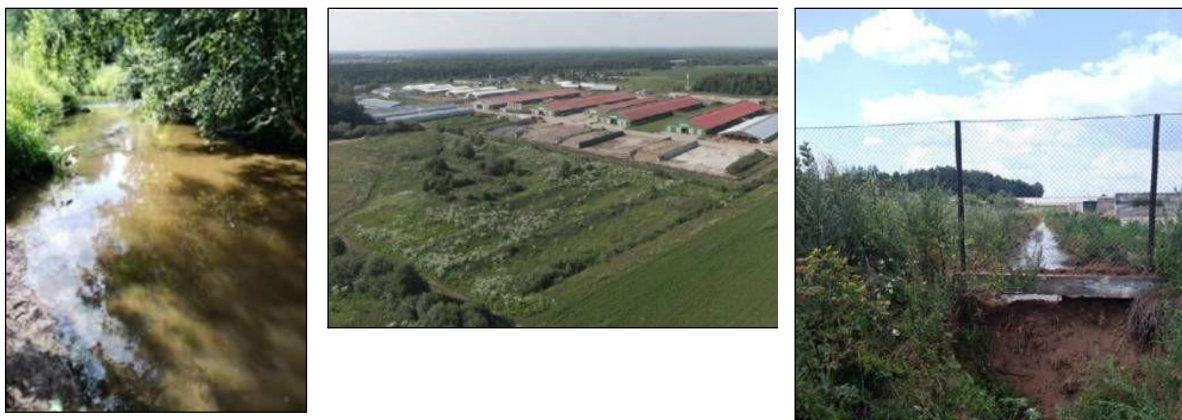


Рис. 2. Загрязнение реки Люльченки АК племзавода «Красногорский» навозными стоками (г. Киров)



Рис. 3. Загрязнение реки Чахловицы ООО МЦ Дороницы (г. Киров) навозными стоками (ущерб 666 тыс. руб.)

Одной из причин нарушения законодательства данными хозяйствующими объектами является высокая стоимость модернизации оборудования для переработки и утилизации навоза животных/помета птиц, а также отсутствие программ государственной поддержки для решения указанной проблемы. Кроме того, на наш взгляд, существуют недостатки технологического регулирования для предприятий, подвергающихся модернизации. Так, не учитывается площадь земельных угодий предприятий, в которые можно будет вносить органические отходы, что приводит к концентрированию химических элементов на ограниченных территориях. Отсутствие единых требований к технико-технологической политике предприятий и меняющееся законодательство не способствуют решению данной проблемы [3, 4].

Ранее проведенные исследования доказали, что систематическое использование навозных стоков в качестве органических удобрений приводит к увеличению содержания подвижного фосфора и калия как в агроземах, в которые вносятся стоки, так и на почвах прилегающих территорий [5, 6]. Отмечена тенденция к накоплению тяжелых металлов в пахотных землях [7].

Животноводческие предприятия являются потенциальными источниками загрязнения водных объектов и почвы окружающих комплексы территорий не только органическими отходами, содержащими биогенные элементы, а также возбудителями болезней. Целенаправленные исследования по данной теме не проводятся. РД АПК 3.10.15.01-17 предусматривает различные способы обеззараживания и дегельминтизации навоза и помета, однако подтверждение безопасности соответствующих удобрений при внесении в почву проводится только по указанию ветеринарной службы с учетом опасности возникновения эпизоотической ситуации, вида возбудителя заболевания, наличия и вида химических реагентов и технических средств.

Основным современным способом утилизации навоза и навозных стоков является внесение его в почву сельскохозяйственных угодий после сепарации в виде жидкого органического удобрения (ЖОУ) и твердого органического удобрения (ТОУ). По данным Кировской областной ветеринарной лаборатории при исследовании почвы и продуктов ферментации навоза регу-

лярно регистрируют яйца стронгилят. Наши исследования показали отсутствие таковых в отобранных образцах почвы в районе ООО МЦ Дороники (г. Киров). Согласно данным официальной статистики, у свиней зарегистрированы: аскаридоз (0,69% пораженных животных среди исследованных), стронгилоидоз (0,06%), стронгилятоз (0,88%), трихоцефалез (1,2%), эзофагостомоз (0,22%). У крупного рогатого скота встречаются стронгилятозы (1,4%), парамфистоматоз (0,13%), фасциолез (0,09%), неоаскаридоз (0,02%), единичные случаи диктиокаулеза, стронгилоидоза, трихоцефалеза. У лошадей и мелкого рогатого скота лидируют по регистрации обнаружения стронгилятозы (30,7 и 10,8% соответственно).

Согласно нашим исследованиям, при изучении микробиоценоза навозных стоков обнаружено, что 99,83% микробного сообщества соответствующих отходов составляют анаэробные микроорганизмы, присутствуют также факультивно аэробные бактерии и грибы. В 1 мл навозных стоков обнаружено $(12,1 \pm 0,7) \cdot 10^9$ КОЕ микроорганизмов. Качественный состав навозных стоков представлен *Peptostreptococcus anaerobius* (58,2%) и *Peptoniphilus asaccharolyticus* (41,6%). 0,2% микрофлоры составляют микроорганизмы *Bacteroides fragilis*, *Enterococcus* sp., *Escherichia coli*, *Klebsiella* sp., *Clostridium* spp., *Staphylococcus epidermidis*, *Proteus* spp., *Prevotella bivia*, *Alistipes putredinis*, *Staphylococcus aureus*, *Candida* sp. Важными показателями для санитарной оценки почвы являются наличие и численность *E. coli*, количество которых составляло $(5,0 \pm 0,7) \cdot 10^6$ КОЕ и *Clostridium* spp., обнаруженных в количестве $(7,0 \pm 0,9) \cdot 10^5$ КОЕ.

Навоз и навозные стоки являются потенциальными источниками загрязнения ОС. Экологические риски сопряжены с нарушением технологий управления данным видом отхода. Опасность представляет как химическое, так и микробиологическое загрязнение почвы и близлежащих к животноводческим комплексам водоемов. Микробиоценоз навозных стоков представлен преимущественно анаэробными микроорганизмами, среди которых преобладают *Peptostreptococcus anaerobius* и *Peptoniphilus asaccharolyticus*.

Производство экологически безопасных и экономически выгодных органических удобрений с учетом специфики региона из навоза животных/помета птиц должно стать приоритетной задачей для сельского хозяйства в ближайшее время [8, 9]. Это позволит снизить риски угрозы загрязнения ОС за счет сохранения плодородия пахотных земель, снижения эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду, а также обеспечит функционирование и полноценное развитие экологически безопасного сельскохозяйственного производства.

Библиографический список

1. Попов В. Д., Максимов Д. А. Брюханов А. Ю. Экология сельхозпроизводства: проблемы и решения // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 3. С. 43–48.
2. Методы решения экологических проблем в животноводстве и птицеводстве / А. Ю. Брюханов, Э. В. Васильев, Е. В. Шалавина, Р. А. Уваров // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13, № 4. С. 32–37. doi: 10.22314/2073-7599-2019-13-4-32-37

3. Попов В. П., Федоренко В. Ф., Брюханов А. Ю. Приоритеты экологического развития животноводства России и пути их реализации // Техника и оборудование для села. 2020. № 12. С. 2–5.
4. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Экологическая проблема отрасли свиноводства // Аграрная наука – сельскому хозяйству : материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. 2019. С. 193–196.
5. Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Промышленные свинокомплексы как источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами // Известия Коми научного центра УрО РАН. Серия «Экспериментальная биология и экология». 2021. № 5(51). С. 88–91.
6. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Трансформация химического состава агроземов под влиянием обезвреженных навозных стоков свиноводческих предприятий // Проблемы агрохимии и экологии – от плодородия к качеству почвы : материалы Всерос. науч. конф. М., 2021. С. 164–167.
7. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Влияние навозных стоков свиноферм на содержание тяжелых металлов в почве // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2021. С. 429–432.
8. Влияние глауконитсодержащих отходов обогащения фосфоритов на подвижность тяжелых металлов в почвах / К. И. Южанин, Н. В. Сырчина, В. Н. Кулаков, Н. Н. Иванова // Технологии переработки отходов с получением новой продукции : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ. 2021. С. 55–59.
9. Оптимизация состава удобрений на основе молотых фосфоритов / Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Богатырёва, Г. Я. Кантор // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 60, № 2. С. 133–139.

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕДКИХ ВИДОВ ПТИЦ НА ТЕРРИТОРИЯХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Н. Е. Игнашев

*ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Ignashev13Nik@mail.ru*

В статье приводятся методы и подходы стоимостной оценки редких видов птиц на основе затрат и разведения их на территориях урбанизированных ландшафтов Республики Татарстан. Весомое значение в сохранении биоразнообразия птиц имеет природоохранный комплекс Республики Татарстан. Создание благоприятных условий для сосуществования человека и животных является одной из важнейших задач современной экологии.

Ключевые слова: орнитофауна, ресурсная оценка, редкие виды птиц, урбанизированные ландшафты, биоразнообразие, особо охраняемые природные территории.

Одной из ключевых методик защиты птиц в современной России является взимание платы за незаконное изъятие их из природы. Можно считать, что данная методика не является адекватной оценкой стоимости объектов

живой природы. В связи с этим необходимо использовать различные параметры, оценки и факторы, влияющие на сохранность вида в популяциях города [1]. С ростом роли городов в развитии общества и увеличения населения происходит процесс урбанизации и изменения ландшафтной архитектуры [2]. Важным звеном в сохранности биологического разнообразия птиц как в городской, так и дикой среде обитания являются особо охраняемые природные территории (ООПТ), находящиеся на территориях урбанизированных ландшафтов Республики Татарстан, которые представляют собой заповедники, зооботсады, национальные парки и т. д.

Цель исследования – изучить состояние редких и исчезающих видов птиц в условиях антропогенной нагрузки и провести стоимостную оценку их биологических ресурсов на территории Республики Татарстан.

По состоянию на 2021 г. в Татарстане насчитывается 186 ООПТ. Весомую значимость имеет Волжско-Камский государственный биосферный заповедник и Национальный парк «Нижняя Кама», главной целью которых является охрана окружающей среды и ограничение антропогенной деятельности [3]. Наибольшее видовое разнообразие краснокнижных видов птиц наблюдается на ООПТ по сравнению с территориями городов, что, в свою очередь, связано с созданием ненарушенных природных участков [4].

В столице Республики Татарстан, городе Казань, находится старейший зоопарк (1806 г.) России и один из старейших зооботсадов в Европе. В зооботсаду успешно размножаются некоторые редкие виды животных, которых на территории насчитывается 27 видов, 4 из которых птицы (белоплечий орлан, орлан-белохвост, черный гриф, орел-могильник). Совместно с Центральным лесным заповедником зооботсад проводит научную работу по возвращению в природу бурых медвежат, рожденных в неволе. Данная работа не имеет аналогов в мировой практике. Отрабатывается методика разведения белых медведей. За период с 1979 по 1996 гг. родилось 15 белых медвежат, из которых выращено 12 – это высокий показатель выживаемости молодняка [5].

Делу сохранения биологического разнообразия посвящено большое количество работ как отечественных, так и зарубежных авторов, но вместе с тем не существует единого универсального механизма. Действия и методики по сохранению биологического разнообразия постоянно развиваются и совершенствуются. В Российской Федерации координация и проведение государственной политики в области сохранения биологического разнообразия возложена на государственные учреждения, надзоры и ведомства в сфере природоохранного законодательства, в компетенцию которых входит: курирование федеральных и национальных экологических проектов, формирование нормативно-правовой базы сохранения редких и исчезающих объектов живого мира, регулирование вопросов организации ООПТ [6, 7]. На сегодняшний день рыночная экономика не способна корректно определить ценность видового биоразнообразия птиц, однако существуют подходы, рассчитанные на общую экономическую составляющую. Благодаря данным подходам появляется воз-

возможность оценить экономическую продуктивность каждого вида птиц со стоимостными показателями [7, 8].

Для определения экономической и экологической стоимости вида используют ряд формул и коэффициентов, включающие разные аспекты (возраст особи, продуктивность особи, затраты на особь) [6]. Штрафы за уничтожение видового разнообразия птиц не предусмотрены законом, в связи с тем, что не учитывалась экологическая составляющая в сохранении популяций [8]. Те штрафы, которые существуют за уничтожение птиц, включенных в Красную книгу Республики Татарстан, не смогут отразить реальную стоимость видов.

Исходя из вышеизложенного, появляется необходимость в увеличении количества ООПТ и корректном расчете размера штрафов за уничтожение представителей краснокнижных видов птиц.

Библиографический список

1. Баринов С. Н. Редкие виды птиц как показатель фаунистического разнообразия природных территорий // Вестник ННГУ. 2007. № 6. С. 116–123.
2. Божко С. И. К характеристике процесса урбанизации птиц // Рус. орнитол. журн. 2008. Т. 17, вып. 430. С. 1100–1112.
3. Рахимов И. И., Аринина А. В., Басыйров А. М. Птицы города Казани : монография. Казань : ООО «Олитех», 2021. 212 с.
4. Забелина Н. М. Заповедники и национальные парки России / Авт.-сост. Н. М. Забелина, Л. С. Исаева-Петрова, Л. В. Кулешова. М. : Логата, 1998. 160 с.
5. Флинт В. Е. Стратегия и сохранение редких видов в России: Теория и практика. М. : Изд-во НУМЦ, 2002. 57с.
6. Рахимов И. И. Развитие законодательства об охране животного мира Республики Татарстан и перспективы сохранения биоразнообразия // Вестник Казанского юридического института МВД России. 2012. № 4(10). С. 65–69.
7. Ежов И. В. Методики расчета экономической ценности видов птиц, включенных в Красную книгу Российской Федерации, обитающих на территории Республики Татарстан // Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева. 2014. № 3 (83). С. 36–43.
8. Методы количественных учетов и морфологических исследований наземных позвоночных животных : учеб.-метод. пособие для полевой практики по зоологии позвоночных животных и самостоятельной научной работы студентов биологического факультета / А. В. Беляченко, Г. В. Шляхтин, А. О. Филиппчев, Е. Ю. Мосолова, Е. Ю. Мельников, М. В. Ермохин, В. Г. Табачишин, А. В. Емельянов. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2014. 148 с.

ФИТОМОНИТОРИНГ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

А. И. Сафонов

Донецкий национальный университет, a.safonov@donnu.ru

В условиях затяжных и широкомасштабных гуманитарных катастроф для старопромышленного региона объективным источником информации о состоянии среды неизменно остается биоиндикационная технология. Пере-

числены аспекты значимости фитомониторинговых программ для процессов обнаружения, идентификации и решения экологических проблем в Центральном Донбассе в период с 2014 по 2021 гг.

Ключевые слова: Донбасс, промышленный регион, оценка состояния среды, фитомониторинг.

Процесс региональной фитоиндикации и проведение экологического мониторинга на основании данных о состоянии растительных организмов, безусловно, реализуется в качестве инструмента многих фундаментальных процессов в естественнонаучном способе познания природы, в том числе в условиях антропогенных трансформаций, – это вопросы установления диапазона выносливости и устойчивости видов, экологических ниш, индикационных шкал, фитоколичественности, универсальных и специфических реакций фитокомпонентов на действие факторов специфического и неспецифического стресса [1, 2].

До 2014 г. в Донецком экономическом регионе, несмотря на высокий уровень промышленных разработок, соблюдались все мировые регламенты и требования по нивелированию техногенного воздействия на природные экосистемы. С началом развития социальных конфликтов и формированием условий для развития гуманитарных катастроф в Донбассе все первоначальные программы утилизации, очистки, аналитического контроля и соблюдения балансовых требований не выдержали экономической блокады и были свернуты. Официально озвучиваемая экологическая ситуация в регионе начала иметь политическое обоснование. Специализированная экологическая инсти-туция, как орган исполнительной власти, начала свою работу в 2017 г. [3].

В период отсутствия государственных программ по экологическому мониторингу инициативные фитоиндикационные исследования не прерывались, став по сути единственным механизмом проведения достоверной и незаангажированной экологической экспертизы геолокальных систем степной зоны Восточной Европы – Северного Приазовья [4–7].

Цель работы – перечислить вопросы экологического содержания, в решении которых для экокризисного Донбасса были задействованы данные фитомониторинга с 2014 по 2021 гг.

Концепция апробируемых в Донецком регионе ботанико-экологических разработок индикационного назначения представлена в обзорной публикации [5], что также на современном этапе является объектом изучения в мировых научных лабораториях [8–10].

В устных комментариях скептиков всегда существуют оговорки о невозможности стандартизации методов фитоиндикационной оценки среды, или барьерно-сложных условиях для проведения чистого эксперимента в открытых ландшафтных системах. Однако нужно признать, что в актуальных проблемах для промышленного региона в степной зоне Европы именно фито-

индикационные методы с 2014 г. остаются востребованными, а во многих реальных случаях – даже принципиально безальтернативными.

По результатам научной деятельности за 2014–2016 гг. Министерством образования и науки было принято решение о регистрации с 2017 г. инициативной темы «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов». В рамках этой темы были решены следующие научно-технические задачи (в аспекте региональных экологических проблем):

1. Создан электронный мониторинговый каркас из 113 узлов для территории Центрального Донбасса, что позволило геостратегически ранжировать экотопы всей доступной для исследования территории в контексте картографической визуализации (подготовлены 32 карты о состоянии пробных площадок по уровню запыленности, биологической загрязненности), например, по пылевым атакам в регионе, уровню специфического тератогенеза, фитоиндикационного полиморфизма для проведения экологического мониторинга, использованы ГИС-технологии.

2. Дана экспертная оценка 24-летней динамики состояния промышленных зон металлургических, коксохимических, угледобывающих предприятий, – радикальная перестройка производства в период с 2014 по 2021 гг. позволила зафиксировать и произвести дополнительную корректировку индексов фитоиндикации с учетом микроклиматических трансформаций, которые наблюдались в условиях локальных промзон в 2014, 2015 гг., по сравнению с интенсивными годами положительного теплового баланса в 2013 и 2021 гг.

3. Подробный анализ бриобионтов в Донбассе позволил провести не только современную инвентаризацию и рекомендовать несколько видов мохообразных для включения в созологические списки республики, но и собрать однородный материал (как вариант пассивного мониторинга), а также вырастить трансплантанты толерантных ассоциаций (активный мониторинг) во всех узлах локализации наблюдательной сети, – образцы находятся на стадии анализа в Объединенном институте ядерных исследований (г. Дубна) по содержанию поллютантов и стойких органических загрязнителей, что позволит дать современную оценку экологической безопасности региона в целом.

4. Проведены экспертные оценки состояния поверхностных водоемов Донбасса методами альгоиндикации, установлены причины массовых цветений некоторых водоемов в черте г. Донецка, – совместными усилиями с Общественной палатой были предприняты соответствующие меры по устранению эффекта цветения воды, разработана схема использования аэрофонтанов.

5. Локализация карантинных видов растений, представляющих угрозу аборигенным флорокомплексам, и информация об участках формирования неблагоприятных сорно-рудеральных нео-ассоциаций в селитебных районах задокументированы и предоставлены в местные органы исполнительной власти.

6. В некоторых локальных экотопах с помощью фитоиндикационной технологии были определены места резкой трансформации почвенно-растительного горизонта вследствие коммунальных нарушений и места очаговой милитаризационной деятельности; внедрены способы восстановления

природного растительного покрова, задернения участков интенсификации почвенных эрозионных процессов.

Таким образом, доказана ведущая роль фитоиндикационной составляющей в региональных программах мониторинга и принятия решений по контролю за неблагоприятными экологическими процессами в Донбассе в период затяжного социального конфликта, когда система использования других современных высокоточных технологий в достаточном объеме не представлялась возможной.

Библиографический список

1. Safonov A. Ecological scales of indicator plants in an industrial region // BIO Web Conf. 2022. Vol. 43. 03002. doi: 10.1051/bioconf/20224303002
2. Сафонов А. И. Функциональная значимость меристем растений-индикаторов в биодиагностике природных сред // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XIX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2021. С. 10–13.
3. Государственный комитет по экологической политике и природным ресурсам при Главе донецкой Народной Республики [Электронный ресурс]. – URL.: <https://gkesopoldnr.ru/> (дата обращения: 13.03.2022)
4. Сафонов А. И. Фронтальный спектр фитодиагностики в Донбассе (2018–2019 гг.) // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IV Междунар. науч. конф. (Донецк, 31 октября 2019 г.). Донецк : ДонНУ, 2019. С. 270–271.
5. Сафонов А. И., Глухов А. З. Фитомониторинг в техногенно трансформированной среде: методология и практика // Экосистемы. 2021. № 28. С. 16–28.
6. Сафонов А. И. Динамика фитомониторинговых показателей антропогенеза в Донбассе (2000–2019 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 1–2. С. 31–36.
7. Safonov A., Glukhov A. Ecological phytomonitoring in Donbass using geoinformational analysis // BIO Web Conf. 2021. Vol. 31. Article No. 00020. doi: 10.1051/bioconf/20213100020
8. Yu H., Huang J., Ji C. Construction of a landscape ecological network for a large-scale energy and chemical industrial base : a case study of Ningdong, China // Land. 2021. Vol. 10. № 4. Article No. 344. doi: 10.3390/land10040344
9. Zaghoul A., Saber M., Gadow S. Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems // Bulletin of the National Research Centre. 2020. Vol. 44. Article No. 127. doi: 10.1186/s42269-020-00385-x
10. Wu Z., Lei S., Yan Q. Landscape ecological network construction controlling surface coal mining effect on landscape ecology: A case study of a mining city in semi-arid steppe // Ecological Indicators. 2021. Vol. 133. Article No. 108403. doi: 10.1016/j.ecolind.2021.108403

РАСТЕНИЯ ПРИРОДНОГО ПАРКА «МАЛИНОВАЯ ЗАСЕКА» С РАННЕВЕСЕННИМ ЦВЕТЕНИЕМ

А. В. Солдатова, А. В. Хапкина

*Тульский государственный университет,
rolemodel693@gmail.com, khapkina-av@yandex.ru*

В данной работе предоставлен анализ известного списка флоры природного парка «Малиновая засека» на предмет выявления в его составе растений с ранневесенним цветением, в том числе эфемероидов, с описанием места произрастания обнаруженного вида.

Ключевые слова: «Малиновая засека», биоразнообразие, ранневесенние эфемероиды, первоцветы.

Благодаря своему расположению и изначальному назначению, засечным лесам удалось сохранить некоторую часть своего видового разнообразия, избежав полного сведения под сельскохозяйственные угодья. «Малиновая засека» – участок лесного массива «Большая засечная черта», расположенный от с. Крапивна Щекинского района до южной границы г. Тулы и протянувшийся в общей сложности на 60 км. Засеки представляют собой лесную экосистему широколиственных лесов голоценового периода с преобладанием дубов, как породы-эдификатора. Засечные леса имеют большое экологическое и биологическое, рекреационное и историческое значение, поскольку являются крупным «зеленым» участком в условиях промышленных реалий городов по его протяженности. Они определены историческим памятником как оборонительное природное сооружение, а также носителями наименее нарушенных участков лесных массивов, что позволяет обнаружить и зарегистрировать в них редкие виды растений и проследить состояние лесной экосистемы более старшего возраста. В целях сохранения участков широколиственных лесов, сохранения природных комплексов и объектов, поддержания экологического баланса и рекреационного потенциала природной территории постановлением Правительства Тульской области от 26.03.2021 создана особо охраняемая природная территория (ООПТ) природный парк «Малиновая засека».

Предметом исследования в данной статье является видовое разнообразие раннецветущих весенних растений, в том числе эфемероидов, в пределах природного парка «Малиновая засека», лесные угодья которой представлены лиственными породами. Эфемероиды – организмы, обладающие коротким вегетационным периодом, приходящимся на время самых благоприятных условий. Делятся на весенние и осенние виды. Видовой состав растений выявлялся в ходе описательных маршрутных путей со сплошным обследованием изучаемой территории с фотографированием и последующим определением незнакомых видов или тех, в определении которых были затруднения, по определителям [1–4] и по методу пробных площадей [5]. Замеры были прове-

дены в той части леса, которая на протяжении продолжительного отрезка времени была подвержена наиболее высокой антропогенной нагрузке, т. е. на территории старого леса, наиболее приближенного к городу и сохранившего часть древесных растений более раннего периода. Сезон исследования: конец апреля – начало мая 2021 г.

В ходе исследования определены следующие виды.

Сем. Бурачниковые

Медуница неясная *Pulmonaria obscura* Dumort – раннецветущее растение, встречается на наименее нарушенных участках.

Сем. Крестоцветные

Зубянка луковичная *Dentaria bulbifera* (L.) – эфемероид, в стороне от дорог.

Зубянка пятилистная *Dentaria quinquefolia* (Bieb.) – эфемероид, на ненарушенных участках, на склонах (рис. 1).



Рис. 1. *Dentaria quinquefolia* (Bieb.). Фото: А. В. Солдатова

Сем. Сложноцветные

Мать-и-мачеха *Tussilago farfara* L. – по окраинам дорог и тропинок, на склонах оврагов при низкой плотности проективного покрытия других видов.

Сем. Заразиховые

Петров крест обыкновенный *Lathraea squamaria* – эфемероид, на слабо нарушенных участках под кустами лещины и у стволов деревьев, не создает крупных скоплений.

Сем. Маковые

Хохлатка Маршалла *Corydalis marschalliana* – в стороне от дорог, эфемероид.

Сем. Лютиковые

Ветреница лютиковая *Anemone ranunculoides* – эфемероид, встречается в массе других видов, в стороне от дорог и тропинок.

Чистяк весенний *Ranunculus ficaria* – на склонах и ненарушенных участках, в массе произрастания других видов.

Лютик кашубский *Ranunculus cassubicus* L. – вдоль дорог и тропинок, на ненарушенных участках, в массе других видов и отдельно.

Сем. Камнеломковые

Селезеночник очереднолистный *Chrysosplenium alternifolium* L. – был обнаружен в понижении с водой, сохраняющейся в нем долгое время.

Сем. Фиалковые

Фиалка удивительная *Viola mirabilis* L. – в стороне от плотного покрытия других видов.

Сем. Амариллисовые

Черемша медвежья *Allium ursinum* – сплошного покрытия не создает, находится в массе других видов.

Сем. Гвоздичные

Звездчатка ланцетолистная *Stellaria holostea* L. – вдоль тропинок и на ненарушенных участках.

Звездчатка дубравная *Stellaria nemorum* – встречается единично.

Сем. Бобовые

Чина весенняя *Lathyrus vernus* L. – единично, в стороне от тропинок и дорог.

Сем. Губоцветные

Будра плющевидная *Glechoma hederacea* L. – вдоль тропинок, по склонам, под пологом других видов.



Рис. 2. Весенний фон травянистых растений в «Малиновой засеке».

Фото: А. В. Солдатова

В общей сложности было отмечено 16 видов раннецветущих растений (рис. 2), принадлежащих к 12 семействам, не все из которых относятся к кате-

гории эфемероидов. Примерами таких растений можно назвать черемшу медвежью (*Allium ursinum*) и мать-и-мачеху (*Tussilago farfara* L.), которые сохраняют свои побеги на протяжении долгого времени и после цветения, что позволяет определить их наличие в экосистеме в период вегетации.

Библиографический список

1. Киселева К. В., Майоров С. Р., Новиков В. С. Флора средней полосы России: атлас-определитель / под ред. В. С. Новикова. М. : ЗАО «Фитон+», 2010. 544 с.
2. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-у испр. и доп. издание. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2006. 600 с.
3. Inaturalist [Электронный ресурс]. – URL: https://www.inaturalist.org/observations?place_id=any&subview=map&user_id=chuchick&verifiable=any (дата обращения: 28.04.2021).
4. Плантариум [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения: 10.05.2021).
5. Учебная полевая практика по геоботанике : учебно-методическое пособие / Г. А. Сорокина, Н. В. Пахарькова, Т. Л., Шашкова М. А. Субботин. Красноярск : СФУ, 2012. 30 с.

СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЭКСТРАКТАХ ИВАН-ЧАЯ

А. К. Деревянных, Л. В. Даровских
Вятский государственный университет,
nast_2898@mail.ru, usr11345@vyatsu.ru

В работе представлены результаты определения количества танинов и флавоноидов в экстрактах иван-чая, заваренных разными способами. Содержание биологически активных веществ определено методами прямого титрования и спектрофотометрии. Установлено, что количество танинов и флавоноидов в исследуемых экстрактах не превышает допустимой нормы и безопасно для употребления в качестве напитков.

Ключевые слова: иван-чай, танины, флавоноиды.

Данное исследование посвящено определению в экстрактах из листьев иван-чая таких биологически активных веществ как танины и флавоноиды. Они необходимы для нормальной жизнедеятельности растений и человека. Данные вещества в избыточных концентрациях могут оказывать вредное воздействие на организм человека, вызывая головную боль, раздражительность, быструю утомляемость, аллергию.

Танины – обширная группа вторичных метаболитов, широко используемых в медицинской практике и в хозяйственной жизнедеятельности человека. Танины представляют собой комплекс дубильных веществ, являются важнейшим компонентом чайного листа и настоя чая. Танины обуславливают характерные органолептические свойства и физиологическую ценность напит-

ка. Танины обладают рядом целебных свойств: улучшают пищеварительный процесс, нормализуют состояние желудочно-кишечного тракта, укрепляют стенки сосудов, оказывают противомикробное действие, стимулируют иммунный ответ [1].

Флавоноиды – биологически активные вещества, вырабатываемые растениями, являются мощными антиоксидантами, наряду с витамином С и Е.

Флавоноиды усиливают действие витамина С, поэтому желательно употреблять их вместе в витаминном С. Биофлавоноиды способствуют усвояемости витамина С и продлевают его воздействие. Вместе с витамином С защищают тонкие стенки капилляров от повреждения, тем самым предотвращая кровотечение. Считается, что флавоноиды обладают антибактериальным воздействием, стимулируют процесс накопления желчи и способны бороться с аллергией и астмой. Флавоноиды улучшают кровоснабжение и обмен веществ в центральной нервной системе, что ускоряет процессы восстановления функций после повреждения центральной нервной системы, улучшают память, зрение и слух [2].

Флавоноиды в организме человека самостоятельно не образуются, их необходимо употреблять с продуктами питания растительного происхождения.

Кипрей узколистный (*Chamerion angustifolium* (L.) Scop., в народе иван-чай), это многолетнее травянистое растение семейства кипрейные.

В России иван-чай встречается повсеместно. Растет зарослями на сухих песчаных местах и в светлых лесах, на лесных опушках, вырубках, среди кустарников, по железнодорожным насыпям, у посевов сельскохозяйственных культур.

Кипрей узколистный имеет толстое ползучее корневище, густо облиственный прямостоячий стебель округлой формы высотой от 0,5 до 1,5 м, корневая система способствует развитию многочисленных почек для обеспечения высокой скорости вегетативного размножения. Строение листа простое, по форме лист линейно-ланцетный, сидячий или с коротким черешком, край листовой пластинки цельный или мелко-железисто-зубчатый, заостренный, к основанию клиновидно суженный. Листовая пластинка темно-зеленая, блестящая сверху, снизу сизо-зеленая, пурпурно-красная, иногда бледно-розовая. Цветки окрашены в пурпурно-розовый цвет, соцветие – кисть длиной до 0,4 м. Плод – пушистая, немного изогнутая коробочка, напоминающая стручок. Семена голые, продолговатые, наверху с длинными тонкими белыми волосками [3].

По химическому составу листья иван-чая содержат: углеводы, пектин, флавоноиды, дубильные вещества, алкалоиды, аскорбиновую кислоту и каротин. Составляющими листьев кипрея также являются соединения железа, меди, марганца, никеля, титана, молибдена и бора. Цветки кипрея содержат антоцианы, корни – белки, соли фосфора, кальция и кобальта. В семенах содержатся жирные масла. В состав корней кипрея входят органические кислоты, полисахариды, крахмал. Значительное количество дубильных и слизистых веществ объясняет противовоспалительные и обезболивающие свойства иван-чая. Применяют для полосканий при ангине, воспаленных деснах; при отитах,

воспалении среднего и внешнего ушного канала; при носовых кровотечениях и гайморите. Водным отваром лечат экзему, ожоги, высыпания на коже. Иван-чай эффективен при мигрени, бессоннице. Вещество ханерол, содержащееся в соцветиях кипрея, активно воздействует на опухоли, и, обладая низкой токсичностью, подавляет их рост [4].

Целью работы является определение содержания танина и флавоноидов в экстрактах иван-чая, заваренных разными способами.

Содержание танинов в экстрактах иван-чая определяли методом прямого титрования. Метод основан на окислении танина чая перманганатом калия при участии индигосульфокислоты в качестве индикатора [5]. Флавоноиды в экстрактах иван-чая определяли спектрофотометрическим методом. Используемый метод позволяет получить информацию о количественном содержании в растительном сырье суммы флавоноидов в пересчете на стандарт индивидуального вещества [6].

В качестве объектов были выбраны чаи на основе иван-чая:

– «Чайная трапеза. Иван-чай со смородиной» (сырье: иван-чай ферментированный листовой, лист смородины, ягода смородины; изготовлен на территории Ивановской области 25.07.2021, производитель ООО «Традиция») (масса 5 г).

– «Чайная трапеза. Иван-чай с малиной» (сырье: иван-чай ферментированный листовой, лист малины, ягода малины; изготовлен на территории Ивановской области 25.07.2021, производитель ООО «Традиция») (масса 5 г).

– смесь чая «Чайная трапеза. Иван-чай традиционный» (сырье: листья кипрея узколистного; изготовлен на территории Ивановской области 25.07.2021, производитель ООО «Традиция») с ягодами смородины (чай 3 г, ягоды 2 г).

– смесь чая «Чайная трапеза. Иван-чай традиционный» (сырье: листья кипрея узколистного; изготовлен на территории Ивановской области 25.07.2021, производитель ООО «Традиция») с ягодами малины (чай 3 г, ягоды 2 г).

Ягоды малины и смородины выращены на садовом участке в Юрьянском районе Кировской области, собраны в конце июля 2021 г.

Приготовление экстрактов проводили разными способами:

1) В заварочные чайники объемом 1000 см³ помещали навески чая (смесь чая с ягодами) заливали водой ($t = 75\text{--}85\text{ }^{\circ}\text{C}$), настаивали в течение 15 мин. Полученную смесь перемешивали и фильтровали через бумажный фильтр. Содержание танинов и флавоноидов определяли в фильтрате.

2) В термос объемом 1000 см³ помещали навески чая (смесь чая с ягодами), заливали водой ($t = 75\text{--}85\text{ }^{\circ}\text{C}$), плотно закрывали и настаивали в течение 24 ч. Полученную смесь перемешивали и фильтровали через бумажный фильтр. В фильтрате определяли содержание танинов и флавоноидов.

Данные по содержанию танина и флавоноидов в водных экстрактах, полученных из чая, представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Содержание танинов в экстрактах иван-чая

Время заваривания	Содержание танинов, %			
	иван-чай (смородина с садового участка)	иван-чай (малина с садового участка)	иван-чай с малиной	иван-чай со смородиной
15 мин	5,24±0,42	4,46±0,43	4,78±0,42	5,61±0,42
24 ч	5,85±0,43	5,23±0,41	5,61±0,42	6,03±0,42

Таблица 2

Содержание флавоноидов в экстрактах иван-чая

Время заваривания	Содержание флавоноидов, %			
	иван-чай (смородина с садового участка)	иван-чай (малина с садового участка)	иван-чай с малиной	иван-чай со смородиной
15 мин	0,08±0,02	0,07±0,04	0,09±0,02	0,09±0,02
24 ч	0,10±0,04	0,10±0,01	0,12±0,04	0,13±0,01

Согласно полученным данным в экстрактах, которые заваривались в течение 24 ч в термосах, содержание танина и флавоноидов выше, чем в экстрактах, которые заваривались в течение 15 мин.

Использование термоса для заваривания способствует более эффективной экстракции веществ, что обусловлено длительным поддержанием высокой температуры, при которой выделяются танины и флавоноиды ($t = 75\text{--}85\text{ }^{\circ}\text{C}$). Экстракция биологически активных веществ (БАВ) из чая в течение 15 мин менее эффективна.

В литературе суточная норма содержания танина варьирует в зависимости от индивидуальных особенностей организма, потребляющего данное вещество. Суточная норма флавоноидов составляет 50–100 мг/сут. Таким образом, содержание БАВ в наших исследуемых экстрактах иван-чая не превышает допустимые концентрации.

Содержание танина и флавоноидов в экстрактах, приготовленных из ягод с садового участка, практически соответствует экстрактам, приготовленным из чая «Чайная трапеза». Поэтому, для получения напитка, богатого БАВ, можно использовать иван-чай и ягоды, выращенные в садах.

Библиографический список

1. Орлова А. А., Повыдыш М. Н. Обзор методов качественного и количественного анализа танинов в растительном сырье // Химия растительного сырья. 2019. № 4. С. 29–45. doi: 10.14258/jcprm.2019045459
2. Плотников М. Б., Тюкавина Н. А., Плотникова Т. М. Лекарственные препараты на основе диквертина. Томск : Изд-во Том. университета, 2005. 228 с.
3. Царев Н. В., Базарнова Н. Г., Дубенский М. М. Кипрей узколистный (*Chamerion angustifolium* L.) химический состав, биологическая роль (обзор) // Химия растительного сырья. 2016. № 4. С. 15–26. doi: 10.14258/jcprm.2016041549
4. Иван-чай – полезные свойства и противопоказания [Электронный ресурс]. – URL: <https://edaplus.info/directory-herbs/blooming-sally.html> (дата обращения: 24.01.2022).

5. Миревич В. М., Привалова Е. Г. Биологически активные вещества растений (полисахариды, эфирные масла, фенологликозиды, кумарины, флавоноиды). Иркутск : ИГМУ, 2018. 10–11 с.

6. ГОСТ 13399-89 Цветки Арники. Технические условия [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200022823> (дата обращения: 24.01.2022).

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВЫХОДА АНТИОКСИДАНТОВ ИЗ КОМПОЗИЦИИ БЕТУЛИНА НА ОСНОВЕ ЖЕЛАТИНА

В. М. Злобина, А. И. Фокина

Вятский государственный университет, stud115469@vyatsu.ru

В работе представлены результаты изучения динамики выхода антиоксидантов в раствор, моделирующий желудочный сок, из желатиновых композиций с бетулином. Сумму антиоксидантов определяли методом перманганатометрии. Выявлено закономерное возрастание выхода антиоксидантов с течением времени. С практической точки зрения это показывает на наличие фармацевтического потенциала композиции бетулина с желатином.

Ключевые слова: бетулин, композиции из желатина, антиоксидантная активность, антиоксидант.

Бетулин – органическое вещество, одно из составляющих березовой коры. Он обладает широким спектром биологической активности, проявляя антисептические свойства (стерилизация ран и порезов в виде пластырей), антирахитное действие, ранозаживляющее, гипохолестеринемическое, противовоспалительное, желчегонное, гепатопротекторное, противоопухолевое и антиоксидантное действия [1]. Антиоксиданты – это природные или синтетические вещества, действующие в достаточно малых концентрациях и предотвращающие или замедляющие окисление веществ (углеводородов, альдегидов, жиров) молекулярным кислородом. Их уникальное действие применяется в клинической медицине для лечения различных болезней.

Одной из часто встречающихся лекарственных форм в России являются желатиновые капсулы, которые бывают разных видов, в зависимости от применения и наполнения [2]. Желатин – это природный полимер, продукт частичного гидролиза белка-коллагена, обладающий уникальным химическим составом, в него входят белки, вода, углеводы, крахмал, жиры, витамин РР, незаменимые аминокислоты и большое количество важных для человека микроэлементов [3, 4]. Так как бетулин активно изучается из-за своей уникальной биологической активности, природного происхождения и доступного получения, нами было решено изучить имеющиеся данные о композициях, включающих в себя бетулин. Научные данные о взаимосвязи количества компонентов в смеси для приготовления желатиновой композиции и изменением ее физико-химических свойств отсутствуют. Подбор оптимальной рецептуры соотношения компонентов желатиновой композиции с бетулином

может выступить основой для выпуска как самостоятельного доступного натурального лекарственного препарата, так и материала для лекарств.

Целью работы было изучить динамику выхода антиоксидантов из желатиновых композиций с бетулином.

Исзучаемые композиции включали следующие компоненты: желатин, вода, глицерин и бетулин. Исследовали композиции с массовыми долями бетулина 1 и 3%. Использован бетулин производства компании ООО «Научно-производственное объединение «ЭКОДИКА» (г. Киров). Композиции помещали в раствор, моделирующий желудочный сок и выдерживали в термостате при температуре 37 °С в течение 45 мин [5]. Определяли содержание антиоксидантов в растворе методом перманганатометрии через 10, 15, 30 и 45 мин [6].

Закономерно, что антиоксидантная активность раствора, в котором находилась 3%-ная композиция, была заметно больше, чем у среды контакта с 1%-ной композицией (рис.). При контакте желатиновых композиций с моделью желудочного сока антиоксидантная активность с содержанием композиции бетулина 1% увеличивается более равномерно, чем с содержанием 3%. Желатиновая композиция с содержанием бетулина 3% разрушилась в «желудочном соке» быстрее, чем с содержанием 1%, так как механические включения бетулина придавали композициям рыхлость, 3%-ной – в большей степени. Активный распад композиций обоих вариантов наблюдался уже через 45 мин с начала контакта со средой, что подтверждает данные фармакопеи о распаде желатина в течение 30 мин в воде [7]. До момента полного разрушения композиций наблюдалось повышение в «желудочном соке» антиоксидантной активности.

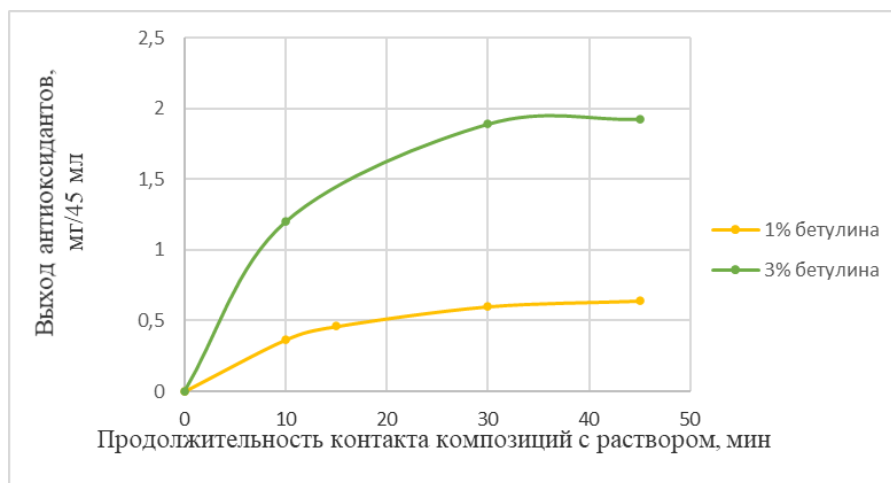


Рис. Динамика выхода антиоксидантов из желатиновых композиций с бетулином

Таким образом, желатин и бетулин могут выступать в качестве доступного сырья для получения композиций, обладающих антиоксидантной активностью. Они могут быть исследованы как перспективная основа в виде материала для лекарственных средств, выступать в виде фармацевтических ком-

позиций. Кроме того, создание композиций с бетулином – способ рационального использования отходов лесопромышленного комплекса.

Библиографический список

1. Биологически активная добавка к пище. Бетулин высокой степени очистки, экстракт бересты 99,9% Инструкция. [Электронный ресурс]. – URL: Untitled-1 (betulin.com) (дата обращения: 20.03.2022).
2. Саканян Е. И., Бунятян Н. Д., Сакаева И. В. К вопросу о разработке общих и частных фармакопейных статей для государственной фармакопеи Российской Федерации XII издания // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2012. № 1. С. 50–52.
3. Доброва В. Е., Колесник Е. С., Ратушная К. Л. Моделирование процессов измерений при клинических испытаниях лекарственных средств // Система обработки информации. 2013. № 3. С. 124–128.
4. Бокерия Л. А., Бокерия О. Л., Новикова С. П. Изучение свойств пленочных композиций на основе желатина и колхицина // Клиническая физиология кровообращения. 2014. № 3. С. 57–66.
5. Твердые желатиновые капсулы с крышечками. [Электронный ресурс]. – URL: <https://infopedia.su/14x16906.html> (дата обращения: 21.03.2022).
6. Способ определения антиокислительной активности / Т. В. Максимова, И. Н. Никулина, В. П. Пахомов, Е. И. Шкарина, З. В. Чумакова, А. П. Арзамасцев // Патент Российской Федерации 2170930. Заявка: 2000111126/14. 05.05.2000. Дата публикации: 20.07.2001.
7. ОФС.1.4.1.0005.15 Капсулы [Электронный ресурс]. – URL: ОФС.1.4.1.0005.15 Капсулы | Фармакопея.рф (pharmascopeia.ru) (дата обращения: 21.03.2022).

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РАЙОНА г. КИРОВА

А. Э. Ашихмина, Н. М. Зимонина

*Вятский государственный университет,
stud123926@vyatsu.ru, usr11838@vyatsu.ru*

В статье дана оценка экологического состояния лесного массива и пойменного озера, расположенных на территории, прилегающей к северо-западной границе г. Кирова (Кировская область, Россия). Выполнена геоботаническая и флористическая характеристика растительности территории, определена степень рекреационной дигрессии лесного фитоценоза. Проведены биоиндикационные исследования качества озерной воды. Показана необходимость разработки системы природоохранных мероприятий для сохранения средообразующей функции природных пригородных комплексов.

Ключевые слова: экологическое состояние, лесной массив, пойменные озера, геоботанические исследования, биоиндикация, рекреационная дигрессия.

В условиях непрерывного роста темпов урбанизации, оценка экологического состояния природных систем пригородных территорий является актуальной задачей. Исследуемая территория находится в северо-западной части г. Кирова (Кировская область, Россия) и граничит с районом жилой застройки Северной набережной (рис.)

Природная составляющая исследованной территории представлена участком зональной лесной растительности на крутом склоне коренного берега р. Вятки, пойменными озерами Курья и Круглое и заливным пойменным лугом. Слабая геоэкологическая изученность данной территории, ее природоохранное значение, перспектива включения лесного массива на склоне коренного берега реки Вятки в границы зеленой зоны г. Кирова делают исследование актуальным.



Рис. Местоположение района исследования

(<https://egrp365.org/map/?id=g05yhh>, курсив – район исследования)

Цель исследования: оценка экологического состояния лесного массива и озера (протоки) Курья, расположенных на прилегающих к северо-западной границе города территории.

Растительность исследованной территории проанализирована по следующим показателям: флористический состав основных экотопов (лес, луг, прибрежная растительность), геоботаническая характеристика лесного фитоценоза, степень рекреационной дигрессии лесной растительности.

Исследования растительности проведены в течении трех вегетационных сезонов 2019, 2020, 2021 гг. Всего выявлено 94 вида растений из разных экотопов, в том числе: лесной экотоп – 27 видов, луг – 42 вида, водоем – 25 видов. Основное внимание было уделено лесному фитоценозу. Лесной массив расположен на левом крутом берегу реки Вятки. Коренной склон сложен древними породами татарского яруса пермской системы, почвообразование идет на осадочных тяжелых по механическому составу суглинистых и глинистых породах [1]. Склон сильно обводнен, в среднем и нижнем частях склона нами выявлено более десяти выходов подземных вод. Два родника обустроены и используются населением для хозяйственных нужд. Здесь расположен гидрологический памятник природы – Филейский родник с водопадом [2]. На склоне видны следы активной водной эрозии в виде оврагов разной глубины и ширины. В условиях проточного увлажнения здесь могут формироваться достаточно богатые дерново-подзолистые суглинистые почвы [1].

Геоботанические описания лесного фитоценоза выполнены на трансектах по трем профилям, проложенным от вершины до подножия коренного склона берега р. Вятки, протяженностью более 250 м каждый и двух геоботанических площадках, размером 20×20 м. Растительность на площадках описывали с использованием стандартной методики [3].

Предварительный результат анализа геоботанических описаний позволил отнести лесные насаждения к двум группам ассоциаций согласно Г. И. Гореву [4]: ельник зеленомошный и ельник травяной. В направлении от вершины склона к подножию наблюдается смена ассоциаций: ельник разнотравный, ельник кислично-травяной, ельник зеленомошно-кисличный, ельник кислично-снытьевый, ельник хвощовый, ельник снытьевый. Ниже представлена общая характеристика всех изученных ассоциаций ельников.

Первый ярус состоит из ели обыкновенной средняя высота 19 м. Ель развита хорошо, окраска темно-зеленая, средний диаметр кроны 3,5 м, проективное покрытие крон 60%. Очищаемость от сучьев начинается с 4–5 м от земли, но встречаются отдельные экземпляры крупных деревьев ели, у которых длинные, крепкие и мощные сучья расположены на высоте 2–3 м. При доминирующем положении ели в составе лесного полога, встречается пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). В состав древостоя хорошо выраженного подлеска входят береза бородавчатая (*Betula pendula* Roth.), ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench.), рябина обыкновенная *Sorbus aucuparia* L.) черемуха (*Padus avium* Mill.). Среди кустарников на всех участках профиля встречались: жимолость лесная (*Lonicera xylosteum* L.), крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.). В подлеске присутствовали кустарники: смородина черная (*Ribes nigrum* L.), малина лесная (*Rubus idaeus* L.), дерен белый (*Swida alba* (L.) Opiz). Жизненных форм кустарников в маршрутных исследованиях выявлено не было. Выделенные группы ассоциаций различались по составу травяного яруса. Для травяных ельников характерны: голокучник обыкновенный (*Gymnocarpium dryopteris* L.), воронец колосистый (*Actaea spicata* L.), перловник поникающий (*Melica nutans* L.),

хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.), звездчатка дубравная (*Stellaria nemorum* L.), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.). В ельниках разнотравных присутствовали: аконит северный (*Aconitum septentrionale* Koelle), крестовник дубравный (*Senecio nemorensis* L.), чина весенняя (*Lathyrus vernus* (L.) Bernh.), герань луговая (*Geranium sylvaticum* L.). В ельниках зеленомошно-кисличных встречались кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), седмичник европейский (*Trientalis europaea* L.), фиалка душистая (*Viola odorata* L.), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.).

Степень развития мохового покрова колеблется в разных ассоциациях по профилю склона от 0% в ельнике разнотравном, на бровке и в верхней части склона, до фрагментарного в ельнике кислично-травяном, на средней части склона и сплошного в ельнике хвощовом, на нижней части склона. Доминанты мохового яруса: *Hylocomium prolijerum* Lindb., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst., *Dicranum* sp., политрихум обыкновенный *Polytrichum commune* Hedw., *Sphagnum* sp.

Флористический состав мохово-травянистого яруса наиболее полно отражает степень антропогенной нарушенности лесной растительности на склоне. Вдоль тропинок, на расстоянии до 1,5 м и более (в зависимости от ширины тропинки и степени вытоптанности) отмечено активное вытеснение лесных тенелюбивых видов растений светолюбивыми и устойчивыми к вытаптыванию. Непосредственно вдоль тропинок появляются подорожник большой (*Plantago major* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Webb.), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris* L.); на расстоянии 0,5–0,7 м от тропинки были встречены: гравилат городской (*Geum urbanum* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.).

Лесной массив на склоне является традиционным местом бивуачного отдыха жителей микрорайона Филейка. Степень рекреационной нагрузки оценивалась в соответствии с визуальной шкалой рекреационной дигрессии [5] и по густоте дорожно-тропиночной сети ДТС [6]. Из-за достаточно большой крутизны и хорошо развитого подлеска склон можно отнести к малопроходимым, тем не менее, на склоне имеются хорошо протоптанные тропинки в местах спуска жителей района к родникам, откуда берется питьевая вода. В маршрутных исследованиях вдоль склона (5000 м) общее количество троп (тропинок) составило 13, что соответствует II–ой стадии рекреационной дигрессии [6].

Шкала рекреационной дигрессии лесной среды (ВО «Леспроект») [5] учитывает как состояние напочвенного покрова, так и жизненность деревьев древесного яруса, успешность возобновления. В соответствии с данной шкалой, с учетом значительной расчлененности рельефа склона, разнообразия экотопических условий и растительных ассоциаций можно сделать вывод, что степень нарушенности лесного массива соответствует II и III стадиям рекреационной деградации, то есть наблюдаются незначительные изменения лесной среды, наблюдаются единичные механические повреждения деревьев и кустарников, некоторое ухудшение их роста и развития, подрост разновоз-

растный жизнеспособный, подлесок жизнеспособный, средней густоты, нарушение подстилки незначительное, почва и подстилка слегка уплотнены, слегка нарушены, отдельные корни деревьев обнажены, вытоптано до минерализованной части почвы не более 5% площади. Требуется незначительное регулирование рекреации.

На исследованной территории важную ландшафтообразующую роль играет водный объект – озеро Курья (протока Курья). Стоячий водоем тянется параллельно реке Вятке вдоль коренного берега более чем на 1,5 км, ранее водоем соединялся с р. Вяткой и до настоящего времени отмечен на картах, как «протока Курья». В результате строительства Нового моста связь водоема с рекой была перекрыта. В половодье связь с рекой восстанавливается, озерные воды разбавляются речной водой. В озеро поступает вода ручьев, сбегających с берегового склона и из подземных источников. Берег озера сильно зарос ивняком, менее заросшие участки берега используются для любительской рыбалки и бивуачного отдыха. В ходе маршрутных исследований определены морфометрические показатели водоема, выявлены органолептические свойства воды, проанализирован флористический состав прибрежной и водной растительности. Средняя ширина протоки – 56 м, средняя глубина – 2,5 м, площадь зеркала (в межень) – 0,094 км². По органолептическим показателям озерная вода является слабо опалесцирующей, слабожелтой и имеет заметный илистый, тинистый запах.

Одним из отрицательных последствий воздействия человеческой деятельности на водоемы населенных пунктов и прилегающих к ним территорий является их эвтрофикация, что приводит к снижению ландшафтообразующей и рекреационной роли озер. Среди высших растений водоема выявлены растения-индикаторы эвтрофирования, характерные для замкнутых водоемов Кировской области [7], это стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), элодея канадская (*Eloдея canadensis* Rich). В середине июля значительная часть акватории озера покрыта сплошным зеленым ковром из ряски малой (*Lemna minor* L.) и ряски трехраздельной (*Lemna trisulca* L.).

Биоиндикационные исследования с использованием зообентосных организмов подтвердили наличие признаков эвтрофикации водоема. При оценке качества воды по методу Майера [8] все обнаруженные нами донные организмы были отнесены к одной из трех групп: обитатели чистых вод, организмы средней чувствительности и обитатели загрязненных водоемов. Индекс Майера составил 8–12, что характеризует изучаемый водный объект, как загрязненный (3-й класс качества).

На исследуемой территории естественные процессы эвтрофикации, характерные для жизненного цикла малых пойменных озер, дополняются мощным антропогенным источником поступления органических загрязнений из септиков и труб городской канализации, которые проходят в 50–70 м от береговой линии озера. Причиной могут быть как подземные протечки, так и периодические переливы сточных вод из переполненных колодцев септиков.

Анализ экологического состояния природных объектов показал, что в целом природные комплексы коренного берега реки Вятки у северо-западных границ города в значительной степени сохранены, что в условиях все возрастающего влияния урбанизации можно считать ценным фактом, тем не менее выявлены признаки деградации естественных экосистем, поэтому для сохранения средоохранных функций необходимо продолжить мониторинговые исследования и разработать комплекс мероприятий, содержание которых требует согласованных действий администрации города и арендаторов участков земель на данной территории.

Библиографический список

1. Соловьев А. Н. Памятники природы города Кирова и его окрестностей. Киров : Изд-во. 2-е, доп. АйСАН, 2017. 136 с.
2. Постановление администрации Кировской области от 16.06.1997 № 178. «Об объявлении государственными памятниками природы областного значения природных объектов и комплексов г. Кирова и пригородной зоны (Слободской район)» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/973000457> (дата обращения: 20.03.2022).
3. Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л. : Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.
4. Горев Г. И. Пособие по определению типов леса Кировской области. Киров, 1975. 28 с.
5. Шкала дигрессии лесной среды (по данным ВО «Леспроект») [Электронный ресурс]. – URL: <https://megaobuchalka.ru/3/29168.html> (дата обращения: 20.03.2022).
6. Насимович Ю. А. К методике зонирования лесных массивов по интенсивности рекреационного использования на основе анализа дорожно-тропиночной сети. М., 1989. Деп. во ВНИИЦлесресурс, N 749-ЛХ. 12 с.
7. Морфометрические, гидрохимические и биологические особенности водохранилищ Северо-Востока Кировской области / Т. И. Кутявина, Е. А. Домнина, Т. Я. Ашихмина, В. П. Савиных // Теоретическая и прикладная экология. 2013. № 2. С. 50–55. doi: 10.25750/1995-4301-2013-2-050-055
8. Полякова Т. Н. Рекомендации по оценке состояния экосистем малых водоемов по организмам макрозообентоса [Электронный ресурс]. – URL: http://resources.krc.karelia.ru/krc/doc/publ2007/rekom_poljakova_2007.pdf (дата обращения: 20.03.2022).

ДИНАМИКА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СУКЦЕССИЙ НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ В ПРЕДЕЛАХ ТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ ВЯТСКО-КАМСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

В. И. Смирнова, Е. А. Сидорова, А. С. Матушкин

*Вятский государственный университет,
stud105889@vyatsu.ru, stud105867@vyatsu.ru, as_matushkin@vyatsu.ru*

В статье представлен опыт применения геоинформационных систем при оценке динамики демулационных сукцессий в пределах таежных ландшафтов Вятско-Камского Предуралья. Использованы растровые и векторные данные, спутниковые снимки, спектральные индексы. На основе карт-схем просчитан процент площадей зарастания.

Ключевые слова: демутационные сукцессии, постагрогенные ландшафты, дистанционное зондирование Земли, геоинформационные системы, спектральные индексы.

Экологическая сукцессия – это развитие биоценозов, при котором имеет место замещение во времени одного сообщества другим. Становление геоэкологической системы на новой литогенной основе с уничтоженным растительным покровом – первичная сукцессия. Демутационная (вторичная) сукцессия проходит на уже сформировавшейся почве, если растительность в силу каких-либо внешних причин оказывается уничтоженной на одной из стадий экогенеза. В частности, по данным Е. В. Белорусцевой [1] в нечерноземной зоне России сомкнутый молодой лес формируется уже через 25 лет после прекращения сельскохозяйственного использования территории.

Рассматривая демутационные сукцессии на территории Кировской области, стоит обратить внимание на работу В. М. Телесниной [2], которая посвящена изучению особенностей демутационных сукцессий после распахивания, выкашивания и огородного использования на территории южной тайги в Костромской области. В течение 6 лет проводились мониторинговые наблюдения, которые включали подробные геоботанические описания, учет биомассы древостоя методами аллометрии и учет травяного (травяно-кустарничкового) яруса методами укусов и монолитов.

В Кировской области также имеется тенденция к зарастанию неиспользуемых агроландшафтов, особенно характерная для таежных ландшафтов. Прекращение сельскохозяйственного использования земель связывают с низкой продуктивностью почв, бездорожьем, удаленностью от населенных пунктов, банкротством сельскохозяйственных предприятий. Актуальность работы обусловлена отсутствием исследований зарастаний на постагрогенных ландшафтах Кировской области с помощью геоинформационных систем (ГИС). При проведении исследования поставлена цель: изучить процессы зарастания постагрогенных площадей на территориях среднетаежных и южнотаежных подзон Кировской области с помощью инструментария ГИС и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

В ходе исследований изучены почвы и почвенный покров, распределение агроландшафтов, демутационные сукцессии и их виды на территории Кировской области [3], а также методика использования ГИС в анализе трансформации агроландшафтов. Важной частью исследования стала оценка структуры сельскохозяйственных земель.

По данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 и 2016 гг. [4] в области за десять лет произошли значительные изменения в структуре сельского хозяйства (табл. 1).

Таблица 1

**Площадь земель в хозяйствах всех категорий в Кировской области
(на 1 июля 2016 г. и на 1 июля 2006 г., тыс. га)**

Тип угодий	Площадь, тыс. га	
	2006 г.	2016 г.
Общая площадь земли	4627,5	1782,1
Сельскохозяйственные угодья	2657,4	1359,1
– пашня	1486,6	924,1
– сенокосы	261,4	92,8
– пастбища	246,8	66,5
– многолетние насаждения	5,2	8,3
– залежь	657,4	643,6
Из общей площади сельскохозяйственных угодий фактически использовались	1482,5	1402,3

Площадь земель сельскохозяйственного назначения значительно снизилась с 2006 по 2016 гг. Уменьшение площадей произошло во всех типах пользования (кроме многолетних насаждений). Сильно снизилась площадь пашни (на 562,5 тыс. га) и пастбищ (на 180,3 тыс. га). Сократилась площадь сенокосов на 64,5%, что составило 168,6 тыс. га. Площадь под залежи уменьшилась меньше всего (на 13,8 тыс. га), то есть на 2,1%. За последние 10 лет увеличилась площадь многолетних насаждений (на 3,1 тыс. га), что составило 59,6%. С 2006 по 2016 гг. фактически перестали использоваться по назначению 80,2 тыс. га, или 5,1% сельскохозяйственных угодий, и процесс этот только ускоряется (табл. 2).

Таблица 2

Площадь (тыс. га) сельскохозяйственных площадей в Кировской области

Тип угодий	Площадь, тыс. га		Разница	
	2006 г.	2016 г.	тыс. га	%
Пашня	1486,6	924,1	-562,5	37,8
Сенокосы	261,4	92,8	-168,6	64,5
Пастбища	246,8	66,5	-180,3	73,1
Многолетние насаждения	5,2	8,3	+3,1	59,6
Залежь	657,4	643,6	-13,8	2,1
Фактически используются	1482,5	1402,3	-80,2	5,4

По результатам можно выдвинуть гипотезу о том, что количество по-стагrogenных земель растет, и в перспективе будет увеличиваться. Предполагается, что в Подосиновском и Оричевском районах Кировской области можно отследить тенденцию к зарастанию агроландшафтов. Проанализированы данные о существовании сельскохозяйственных угодий, разновременные спутниковые снимки и почвенные карты территорий. Участками для исследования выбраны хозяйства – бывшие колхозы «Красный землероб» Подосиновского района среднетаежной подзоны и «Шалеговский» Оричевского района южнотаежной подзоны.

Первым этапом работы стала привязка оцифрованных почвенных карт за 1987 г. на изучаемую территорию хозяйств «Красный землероб» и «Шалеговский» и оверлей контуров полей. Дерново-подзолистые почвы характерны для южнотаежной подзоны, подзолистые почвы – для среднетаежной подзоны. По космическим снимкам определены территории, которые больше всего подверглись деградационным сукцессиям. Этими территориями преимущественно оказались поля в отдалении от населенных пунктов. Созданы карты-схемы контуров заросших и незаросших полей, где штриховкой показаны заросшие поля на территориях КЛХ «Красный землероб» и СВХ «Шалеговский». Для наглядности представлены карты-схемы всей изучаемой территории и отдельной ее части (рис. 1, 2).

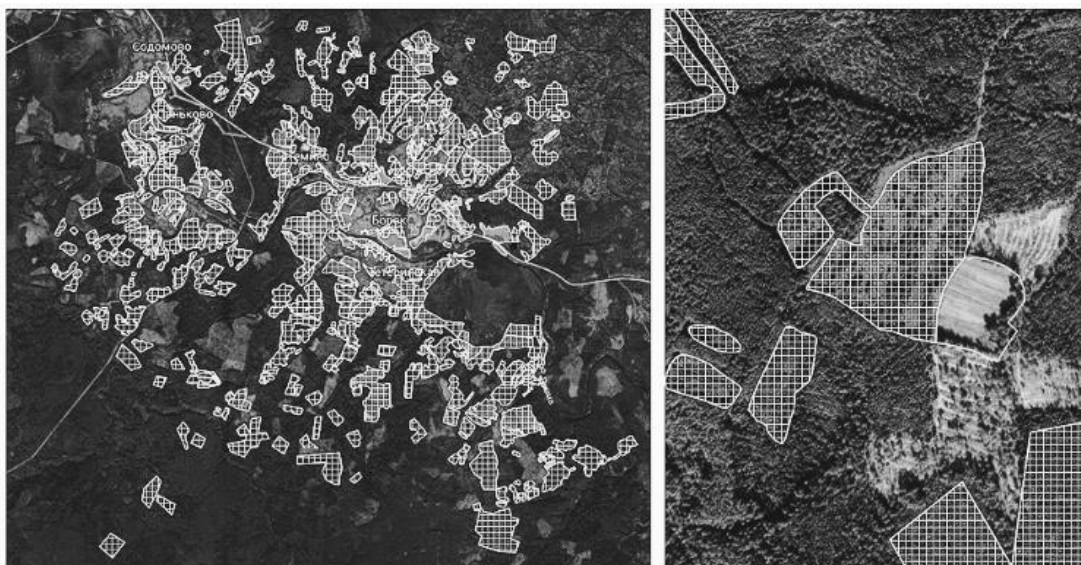


Рис. 1. Контурные заросших и незаросших полей хозяйства «Красный землероб» (средняя тайга)

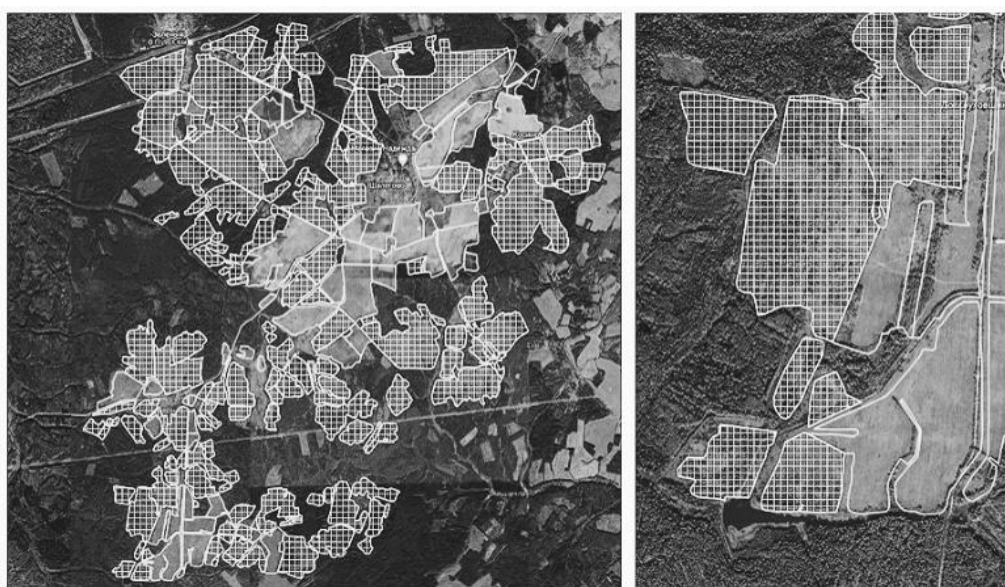


Рис. 2. Контурные заросших и незаросших полей хозяйства «Шалеговский» (южная тайга)

Для анализа растительного покрова с сервиса Land Viewer EOS взяты бесплатные снимки за 08.08.1990 со спутника Landsat-5 с пространственным разрешением 30 м/пикс и за 06.06.2021 со спутника Sentinel-2 разрешением 10 м/пикс [5]. Применена комбинация каналов «Естественные цвета». Далее использован вегетационный индекс NDVI для количественной оценки растительного покрова. В 2021 г. территории с высоким значением NDVI стали занимать большую площадь из-за увеличения лесопокрытых территорий.

Для подтверждения гипотезы об активно протекающих демулационных процессах проведены расчеты для хозяйства «Красный землероб»: по данным о суммарной площади всех полей и площади только заросших рассчитана площадь территорий, которые используются в настоящее время. Площадь всех полей хозяйства составляет 29,54 км² (2954 га), площадь заросших полей составила 28,76 км² (2876 га). Разница или площадь используемых полей на данный момент – 0,78 км² (78 га). В процентном соотношении зарастанию подвержены 97,76%, что подтверждает гипотезу о большом проценте протекающих демулационных процессов в средней тайге.

Аналогичные расчеты проведены для хозяйства «Шалеговский» в подзоне южной тайги. Площадь всех полей составляет 39,28 км² (3928 га), площадь заросших – 27,69 км² (2769 га). Соответственно, разница или площадь используемых полей на данный момент – 11,59 км² (1159 га). В процентном соотношении зарастанию подвержены 70,5%, что несколько меньше, чем в средней тайге, но подтверждает общую тенденцию высокого зарастания.

Можно предположить, что тенденция к зарастанию больших площадей агроландшафтов характерна не только для изучаемой территории, но и в целом для всего Подосиновского и Оричевского районов. По имеющимся данным об использовании сельскохозяйственных земель района можно посчитать процент неиспользуемых территорий, которые включают в себя зарастающие поля. По состоянию на 01.01.2021 всего в Подосиновском районе 34,23 тыс. га сельскохозяйственных угодий, из них неиспользуемая площадь 27,46 тыс. га, то есть 80,2% земель не используется. В Оричевском районе 65,74 тыс. га сельскохозяйственных угодий, из них неиспользуемая площадь 12,68 тыс. га, то есть 19,2% земель не используется. Тенденция к забрасыванию выражена не только в отдельном сельскохозяйственном предприятии, но в целом по району.

В ходе работы исследованы агроландшафты КЛХ «Красный землероб» и СВХ «Шалеговский» на интенсивность протекающих демулационных процессов. Сделаны расчеты и проведен анализ на основе проведенного исследования для подтверждения гипотезы. Процент заросших земель свидетельствует об активных демулационных процессах. Зарастанию подвержены 97,76% земель бывшего колхоза «Красный землероб» Подосиновского района и 70,5% земель бывшего совхоза «Шалеговский» Оричевского района. Изменения индекса NDVI объективно отражают процесс зарастания. Трансформация растительности приведет к изменению почв в направлении усиления подзолистого процесса, что может быть причиной снижения плодородия. Зараста-

ние более активно развивается в подзоне средней тайги, чем в южной, что связано с различием агроклиматических условий, почвенного плодородия и неравномерным экономическим развитием районов Кировской области.

Библиографический список

1. Белорусцева Е. В. Мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий нечерноземной зоны Российской Федерации // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2012. Т. 9. № 1. С. 57–64.
2. Телеснина В. М. Динамика растительного покрова в ходе демулационной сукцессии в подзоне южной тайги (Костромская область) после разных видов сельскохозяйственного использования // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2016. Т. 26, вып. 3. С. 26–39.
3. География Кировской области: атлас-книга / под ред. Е. А. Колеватых. Киров, 2015. 79 с.
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/519> (дата обращения: 15.01.2022).
5. Land Viewer EOS. [Электронный ресурс]. – URL: <https://eos.com/landviewer/> (дата обращения: 15.01.2022).

ДИНАМИКА МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АТАБАЕВСКИХ ОЗЕР ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

И. И. Зиганишин, Д. В. Иванов, Р. Р. Хасанов

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, water-rf@mail.ru

На основе результатов батиметрических исследований и анализа разновременных картографических материалов показана динамика основных морфометрических показателей 4 гидрогенных озер Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника.

Ключевые слова: гидрогенные озера, морфометрический анализ, Волжско-Камский природный заповедник, Республика Татарстан.

Республика Татарстан (РТ) является одним из крупнейших в Российской Федерации территориальных природно-социальных комплексов. По совокупным показателям объема различных отраслей промышленности, сельского хозяйства, строительства и оборота торговли, РТ занимает первое место в Приволжском федеральном округе и пятое – в рейтинге регионов России [2]. Интенсивное хозяйственное освоение территории, наряду с высокой плотностью населения, обусловили существенную антропогенную нагрузку на природные комплексы и отдельные компоненты природной среды РТ. Особенно чувствительны к возросшему техногенному воздействию экосистемы малых озер, которые в силу своих размеров деградируют в достаточно короткое время, в течение десятилетий или даже несколько лет [5]. Анализ разновременных картографических источников показывает исчезновение на территории РТ более 4200 озер за последние 60 лет, т. е. ежегодно прекращали

свое существование не менее 70 озер. Как показывают ранее проведенные исследования, существующая в РТ сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) не спасает водоемы, расположенные на их территории, от негативных тенденций по сокращению площади акватории и водности [3, 4].

В этой связи представляет особый интерес изучение динамики морфометрических характеристик озер, расположенных на территории природных заповедников, в которых хозяйственная деятельность полностью запрещена, и природные объекты сохранились в своем естественном состоянии. Полученные в ходе данного исследования результаты могут рассматриваться в качестве эталонных и использоваться как фоновые при мониторинге других природных территорий.

Объектами исследования выступили ранее не исследовавшиеся озера, расположенные вблизи с. Атабаево на второй надпойменной террасе р. Камы (рис. 1). Озера Атабаевское, Большое и Дальнее находятся в заповедной зоне Саралинского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ), использование которой в хозяйственных целях полностью прекращено. Современное хозяйственное использование озера Ближнее, располагающегося в охранной зоне ВКГПБЗ, ограничено любительской рыбной ловлей и пикниковым отдыхом в прибрежной зоне.

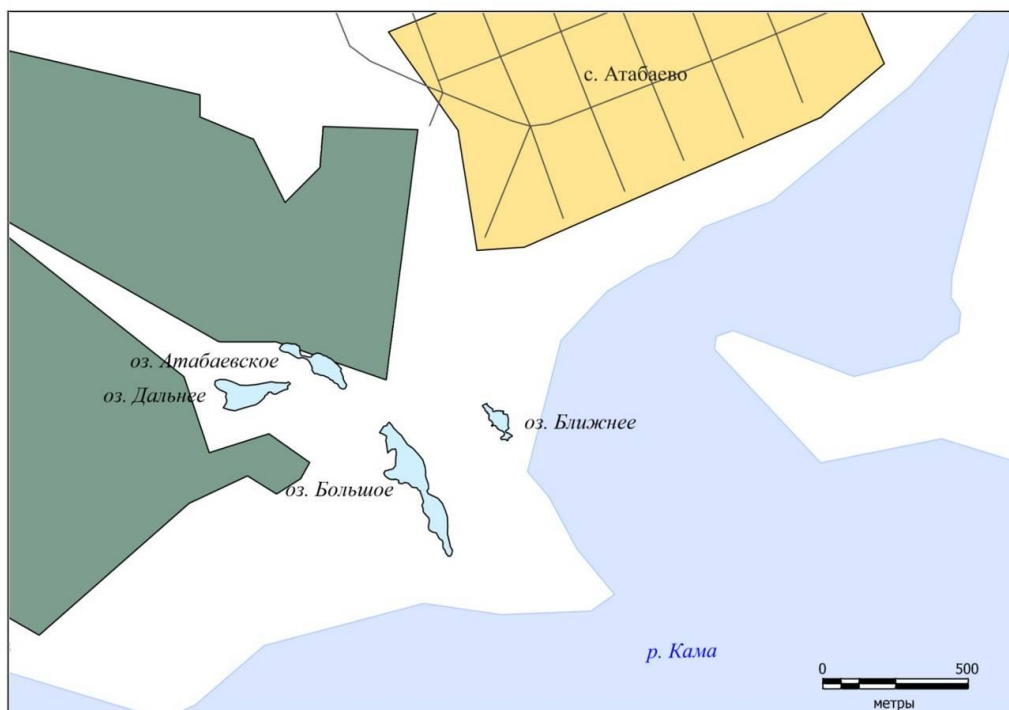


Рис. 1. Месторасположение исследуемых озер

Батиметрическая съемка озер выполнена в июле 2021 г. Глубины определялись при помощи эхолота и веревочным лотом. Координаты точек промеров глубин фиксировались GPS приемником. На основе материалов полевых работ произведена обработка данных с применением ГИС Mapinfo 9.5. В качестве материалов при изучении динамики морфометрических парамет-

ров озер использовали топографические карты масштаба 1:100 000 1942–1950 гг., крупномасштабные планы масштаба 1:10 000 1968–1969 гг.; космические снимки высокого пространственного разрешения 1980–2021 г., фондовые и архивные материалы обследования озер Татарской АССР.

По происхождению котловины, озера относятся к гидрогенным, образовавшимся в результате отчленения двух обширных камских заливов абразионно-аккумулятивными пересыпями в 1957–1961 гг. Согласно ГОСТ Р 59054-2020 [1], их можно отнести к категории водоемов с малой площадью, малым объемом воды и очень малой глубиной (табл. 1).

Таблица 1

Основные морфометрические характеристики озер (на август 2021 г.)

Озера	Площадь, га	Объем, тыс. м ³	Длина, м	Ширина, м		Глубина, м	
				сред.	макс.	сред.	макс.
Атабаевское	1,04	9,3	275	38	72	0,9	1,4
Большое	2,94	32,4	505	58	141	1,1	1,7
Дальнее	1,46	13,1	269	54	91	0,9	1,3
Ближнее	0,43	3,4	150	28	58	0,8	1,2

Озера имеют удлинённую форму (коэффициент удлиненности, характеризующий вытянутость котловины, во всех водоемах более 5), наследующие черты затопленной при создании водохранилища территории. Пространственно озера ориентированы с севера на юг. По степени развития береговой линии озера относятся к среднеизрезанным (коэффициент изрезанности от 1,5 до 2,0).

Озера не отличаются большой глубиной, что обусловлено их генезисом. Максимальные глубины в озерах не превышают 2 м (рис. 2).

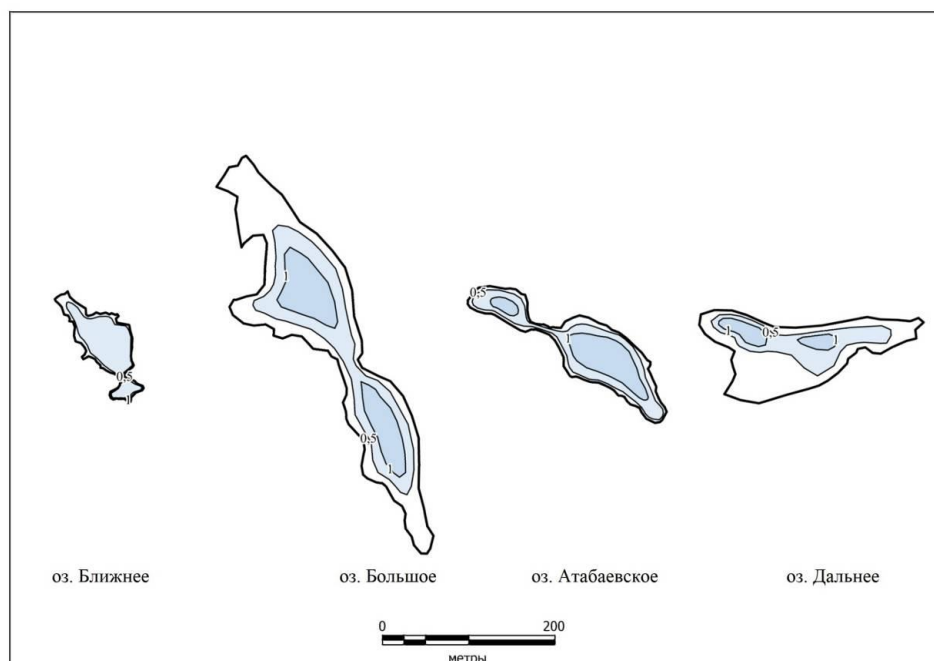


Рис. 2. Батиметрические карты озер

Малые глубины озер способствуют созданию благоприятных условий для активного развития высшей водной растительности. Береговая зона озер характеризуется плотным зарастанием тростником, камышом и рогозом.

Анализ разновременного картографического материала показал тенденцию уменьшения основных морфометрических показателей озер (табл. 2, рис. 3).

Таблица 2

**Динамика основных морфометрических показателей озер
с 1961 по 2021 гг.**

Озеро	Площадь, га			Средняя глубина, м			Объем, тыс. м ³		
	1961	2021	$\Delta x, \%$	1961	2021	$\Delta x, \%$	1961	2021	$\Delta x, \%$
Атабаевское	24,2	1,04	-78	1,8	0,9	-52	436	9,3	-87
Большое		2,94			1,1			32,4	
Дальнее		1,46			0,9			13,1	
Ближнее	4,28	0,43	-89	1,5	0,8	-56	64	3,4	-95

Озера Атабаевское, Большое и Дальнее в 1961 г. составляли единый водоем общей площадью более 24 га. В дальнейшем единое озеро начало активно пересыхать и распалось на три отдельных водоема (рис. 3).

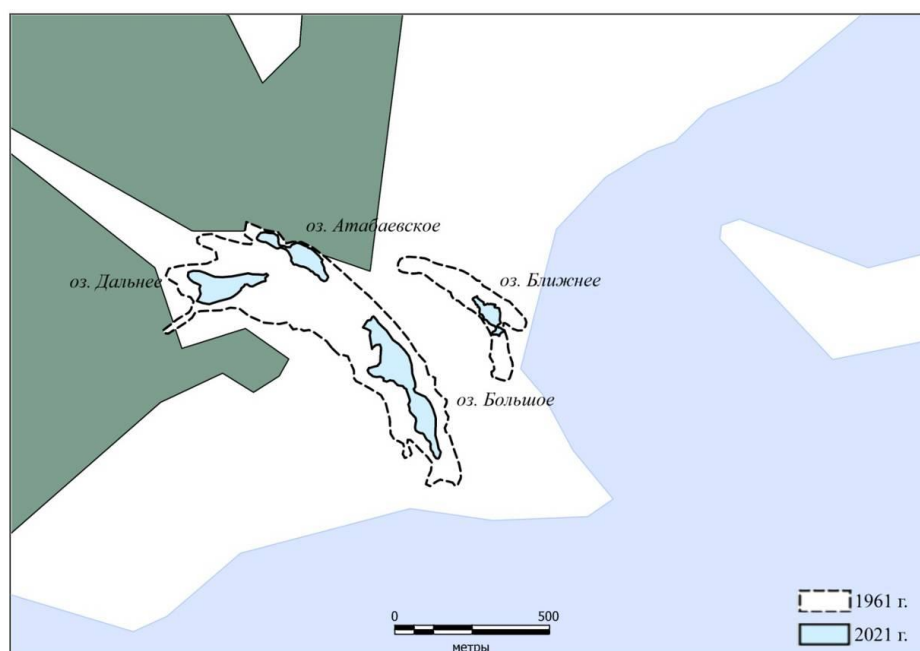


Рис. 3. Карта-схема изменения акватории озер с 1961 по 2021 гг.

Еще более значительные изменения произошли с озером Ближнее. С 1961 по 2021 гг. водоем утратил около 90% площади водного зеркала, его водность уменьшилась на 95%, а средняя и максимальная глубина понизилась вдвое (табл. 2, рис. 3).

С учетом отсутствия выраженного антропогенного воздействия на озера и их прибрежные зоны, в качестве основной причины деградации озер могут выступать климатические изменения, приводящие к уменьшению ко-

личества выпадающих на водосборы осадков и росту испарения с поверхности озер на фоне повышения среднегодовых температур в Волго-Мешинском междуречье.

Таким образом, проведенный анализ разновременных картографических материалов показал значительное сокращение основных морфометрических показателей Атабаевских озер за период с 1961 по 2021 гг. Площадь водного зеркала озер сократилась более чем на 80%, катастрофически уменьшился объем водных масс, вдвое снизился уровень воды. При сохранении современных темпов зарастания и обмеления Атабаевских озер можно прогнозировать их ускоренное старение с дальнейшим превращением в низовые болота.

Полученные результаты исследования могут быть использованы при организации экологического мониторинга гидрогенных озер региона, а также при изучении других водоемов на территории ВКГПБЗ.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 59054-2020. Охрана окружающей среды. Поверхностные и подземные воды. Классификация водных объектов. М. : Стандартинформ, 2020. 24 с.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2020 году. Казань : Министерство экологии и природных ресурсов Республик Татарстан, 2021. 400 с.
3. Зиганшин И. И., Иванов Д. В., Хасанов Р. Р. Анализ динамики морфометрических показателей озер-памятников природы на территории Республики Татарстан // Российский журнал прикладной экологии. 2018. № 2. С. 17–20.
4. Зиганшин И. И., Иванов Д. В., Хасанов Р. Р. Генезис и морфометрическая характеристика озер охранной зоны Саралинского участка Волжско-Камского заповедника // Российский журнал прикладной экологии. 2021. № 1. С. 36–43.
5. Прыткова М. Я. Гидрологический режим и заиление малых разнотипных водоемов Северо-Запада. М. : Наука, 2011. 199 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ НА ВОДОЕМЫ ГОРОДА КИРОВА

М. В. Терентьева, Д. Д. Овчинникова, У. А. Глинова, Т. А. Адамович
Вятский государственный университет, mary.terentyeva@yandex.ru

Проведены исследования проб воды из водоемов г. Кирова: озеро Русское, озеро Черное и Пагинский карьер. Установлено, что наиболее загрязненными являются пробы воды из озер Русское и Черное. На основании полученных данных нельзя однозначно утверждать, что главным фактором загрязнения водоемов являются рекреационные ресурсы. Необходимо проведение систематических мониторинговых исследований данных природных объектов.

Ключевые слова: поверхностные водные объекты, биотестирование, физико-химический анализ, рекреационные ресурсы.

Отдых на природе – это распространенный вид отдыха среди жителей города. Повышение рекреационной активности населения угрожает состоянию и существованию сохранившихся зеленых территорий. Предотвратить подобную тенденцию может оценка состояния водных объектов и прилегающих к ним территорий, а также процессов, влияющих на распределение нагрузки [1].

Цель работы – исследование влияния рекреационных ресурсов на поверхностные водные объекты г. Кирова.

Пробы воды были отобраны осенью 2021 г. из озер Русское и Черное, Пагинского карьера. Исследования проводились в лабораториях Вятского государственного университета.

В пробах воды измеряли удельную электропроводность – кондуктометрическим методом на кондуктометре Cond 340i, водородный показатель – потенциометрическим методом на pH-метре МИ-150 согласно РД 52.24.495-2017. Общую жесткость воды определяли титриметрическим методом с трилоном Б. Определение содержания тяжелых металлов в воде проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии согласно ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011. Полученные в ходе химического анализа данные по концентрации ионов сравнивали с ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК_{х.п.}) (ГН 2.1.5.1315-03). Острую токсичность воды определяли по смертности и изменению плодовитости дафний *Daphnia magna* Straus (ФР 1.39.2007.03222). Для оценки токсичности воды использовали тест-систему «Эколюм», дающую дифференциальную оценку качества среды. Содержание нитрит-, нитрат-, гидрокарбонат-ионов определяли фотометрическим методом.

Результаты физико-химического анализа проб воды представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты физико-химического анализа проб воды

Показатели, единицы измерения	Место отбора проб воды		
	озеро Русское	озеро Черное	Пагинский карьер
pH	8,1±0,1	7,5±0,1	7,0±0,1
Электропроводность, мкСм/см	678	134	156
Жесткость воды, мг-экв./л	0,95	4,6	1,8
Гидрокарбонат-ионы, мг/л	183±8	488±12	423±12
Нитрат-ионы, мг/л	0,310±0,006	0,1410±0,0028	0,135±0,003

По уровню кислотности пробы воды относились к водам с нейтральной и слабощелочной реакцией среды. Значения водородного показателя для проб воды варьировали от 6,5 до 8,5, что является нормой. Электропроводность воды является критерием общего содержания ионов. Значения данного показателя для исследуемых проб воды варьировали в пределах от 134 до 678 мкСм/см (табл. 1). Установленные значения электропроводности являются относительно низкими, что говорит о невысоких концентрациях ионов и низком уровне минерализации воды в исследуемых водоемах [2].

Установлено, что самой жесткой является проба воды, отобранная из озера Черное (4,6, мг-экв./л), при этом значения жесткости находятся в пределах нормы (4,0–8,0, мг-экв./л). Вода озера Русское и Пагинский карьер относятся к категории «мягкая». Во всех исследуемых пробах воды карбонат-ионы не были обнаружены. Установлено, что в пробах воды из озера Черное и Пагинского карьера, содержание гидрокарбонат-ионов превышает ПДК (400 мг/л) в 1,2 и 1,1 раз соответственно. Превышения ПДК по содержанию нитрат-ионов (10 мг/л) во всех исследуемых водных объектах не зафиксировано [3].

В пробах воды исследуемых водных объектов определяли содержание тяжелых металлов (табл. 2).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в пробах воды, мг/л

Проба	Fe	Pb	Zn
озеро Русское	0,109±0,023	0,0025±0,0007	0,0052±0,0014
озеро Черное	0,34±0,07	0,0030±0,0008	0,0085±0,0022
Пагинский карьер	0,29±0,06	0,005±0,001	0,035±0,009
ПДК _{х.п.} , мг/л	0,3	0,01	1

Установлено, что содержание исследуемых тяжелых металлов в пробах воды из озера Русское и Пагинского карьера не превышает значений ПДК. Кадмий отсутствует во всех пробах. Однако в озере Черное обнаружено превышение значения ПДК по железу (0,3 мг/л) в 1,13 раза.

Метод биоиндикации с использованием дафний позволяет сравнительно просто определить степень загрязнения воды токсичными веществами. Эксперимент по установлению острого токсического действия на тест-культуру длился 48 ч. В течение этого времени проводили учет выживших дафний. Установлено, что исследуемая вода из Пагинского карьера и озера Русское не оказывает острого токсического действия на тест-организмы. Если в течение 96 ч биотестирования гибнет ≥ 50 % тест-организмов, считают, что исследуемая проба оказывает острое токсическое действие. В воде из озера Черное через 48 ч после начала наблюдения погибли все дафнии (100%), поэтому можно сделать вывод о том, что вода в озере Черное токсична для тест-объекта *Daphnia magna*. По тест-системе «Эколюм» все пробы воды имеют допустимую степень токсичности.

Таким образом, проведен химический анализ воды из озер Русское и Черное, Пагинского карьера. Наибольшие отклонения по показателям зафиксированы в воде из озер Русское и Черное, они являются наиболее загрязненными. На основании полученных данных нельзя однозначно утверждать, что главным фактором загрязнения являются рекреационные ресурсы. К естественным источникам загрязнения водоемов относятся смыв с прибрежных территорий в период выпадения осадков, химический состав подстилающих пород. Необходимо проведение систематических мониторинговых исследований данных природных объектов.

Библиографический список

1. Кучак А. О., Непомнящий В. В. Рекреационная нагрузка на территориях, прилегающих к участку «Озеро Белё» заповедника «Хакасский» в 2016 г. // Научные исследования в заповедниках и национальных парках Южной Сибири. 2016. № 6. С. 81–85.
2. Здравкова Е. А. Влияние рекреационной деятельности на водные объекты // Антропогенная трансформация природной среды. 2017. № 3. С. 95–97.
3. Афанасьева Л. С. Экологическая химия: учебник для студ. сред. проф. учеб. заведений. М. : Издательский центр «Академия», 2006. 224 с.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРУДОВ МИКРОРАЙОНА «ЧИСТЫЕ ПРУДЫ»

А. Д. Стрекозова, Т. А. Адамович, Е. В. Береснева

Вятский государственный университет, tijnadamvich@rambler.ru

В работе проведено изучение химического состава воды в водных объектах микрорайона «Чистые пруды» г. Кирова. В пунктах отбора проб содержание ионов находится в допустимых пределах, за исключением общего железа. Отмечается высокое содержание гидрокарбонат-ионов (550–885 мг/л) в исследуемых пробах воды, что может быть связано с протекающими в водоемах жизненными процессами, растворением атмосферного углекислого газа.

Ключевые слова: химический состав воды, пруды, микрорайон «Чистые пруды».

В результате урбанизации в 2007 г. в г. Кирове появился новый микрорайон «Чистые пруды», который продолжает развиваться и сегодня. Под воздействием внешних антропогенных факторов состояние окружающей среды снижается. В связи с ростом количества жилых домов и появлением путепровода, количество автотранспорта увеличивается, выделяется большое количество вредных веществ и усиливается загазованность воздуха.

Транспорт является главным источником загрязнения атмосферы вредными выбросами [1]. На поверхности автомобильных дорог и мостов оседают пыль, продукты изнашивания дорожных покрытий, тормозных колодок, выбросы автомобильных двигателей, противогололедные реагенты и материалы, что приводит при смыве дождевыми и талыми водами к насыщению вод поверхностного стока загрязняющими веществами [2].

В результате ухудшения экологической обстановки в населенных пунктах, загрязненность токсическими веществами приводит к ухудшению здоровья населения, обострению хронических заболеваний. От состояния атмосферного воздуха, жизненно важного компонента окружающей среды, зависит состояние поверхностных вод на территории городов. Все это обуславливает важность контроля качества воды в городских водоемах [3].

Целью работы является изучение химического состава воды в водоемах микрорайона г. Кирова «Чистые пруды» с помощью физико-химических методов анализа.

Отбор проб воды был проведен в осенний период 2020 г. (сентябрь – октябрь) из открытых водоемов микрорайона «Чистые пруды» г. Кирова: пруд «Белуга» рыболовное хозяйство (проба 1), вода из одного из прудов центральной бригады (проба 2). В отобранных пробах воды определяли органолептические показатели по ГОСТ 2761-84, содержание нитрат-, нитрит-, гидрокарбонат-ионов, общего железа, водородный показатель, жесткость и электропроводность. Водородный показатель измеряли на рН-метре МИ-150 согласно РД 52.24.495-2017, электропроводность – на кондуктометре «Cond 340i». Определение содержания ионов проводили фотометрическим методом. Исследуемые водные объекты относятся к объектам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового значения (ГН 2.1.5.1315-03).

При определении органолептических показателей (запах, цветность и пенистость) проб воды было установлено полное соответствие значений этих показателей требованиям СанПиН 2.1.5.980-00 для поверхностных вод. Большинство проанализированных проб воды имело слабо желтую окраску и не имело выраженного запаха.

По уровню кислотности пробы воды относились к водам со слабощелочной реакцией среды (табл.). Значения водородного показателя для проб воды варьировали от 7,1 до 7,7, т. е. в пределах норматива СанПин 2.1.4.1074-01 для питьевой воды (6–9). Электропроводность воды служит критерием общего содержания ионов. Значения данного показателя для проб воды за исследуемый период времени варьировали в пределах от 468 до 833 мкСм/см (табл.). Полученные значения электропроводности свидетельствуют о среднем уровне минерализации воды в исследуемых водоемах [4].

Таблица

Химический анализ воды из прудов микрорайона «Чистые пруды»

Образец воды	Проба 1	Проба 2	ПДК
Водородный показатель	7,2±0,1	7,7±0,1	–
Жесткость воды (мг-экв./л)	3,8±0,2	5,9±0,2	–
HCO ₃ ⁻ (мг/л)	550±15	885±23	–
NO ₃ ⁻ (мг/л)	0,05 ±0,04	0,060±0,020	45
NO ₂ ⁻ (мг/л)	0,0084±0,0002	0,0555±0,0002	3,3
Fe _{общ} (мг/л)	1,61±0,02	2,25±0,02	0,3
Электропроводность (мкСм/см)	833±20	468±15	–

Примечание: прочерк обозначает отсутствие норматива.

Содержание нитрат-, нитрит-ионов не превышало значений ПДК. Концентрация гидрокарбонат-ионов в воде составила 550–885 мг/л. Гидрокарбонаты определяют природную щелочность воды. Содержание гидрокарбонат-ионов связано с протекающими в водоеме жизненными процессами, взаимодействием воды с известняками и растворением атмосферного углекислого газа. Общая жесткость проб воды составила 3,8–5,9 мг-экв./л. Значения жест-

кости соответствуют категориям вод средней жесткости, не превышая норматива для питьевой воды СанПин 2.1.4.1074-01. Содержание железа в исследуемых пробах воды превышало ПДК в 5,4 (проба 1) и 7,5 раз (проба 2). Превышение содержания общего железа в поверхностных водах города может быть обусловлено местным гидрохимическим фоном при определенной накладке антропогенных факторов [5].

По результатам проведенных исследований можно говорить о том, что химический состав воды прудов микрорайона «Чистые пруды» по большинству показателей находится в пределах нормы. В пробах выявлено превышение ПДК по содержанию общего железа (5,4–7,5 раз). Отмечено относительно высокое содержание гидрокарбонат-ионов (550–885 мг/л).

Библиографический список

1. Влияние автотранспорта на окружающую среду // Эко-факт [Электронный ресурс]. – URL: <https://facknet.ru/problemu-i-voprosy/kak-avtomobili-zagryaznyayut-okruzhayushchuyu-sredu.html> (дата обращения: 29.03.2022).
2. Трофименко Ю. В. Транспортное сооружение и окружающая среда. М. : Издательский центр «Академия», 2006. 400 с.
3. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения / Р. А. Голиков, В. В. Суржиков, В. А. Кислицына, Д. В. Штайгер // Научное обозрение. Медицинские науки. 2017. № 5. С. 20–31.
4. Оценка состояния поверхностных водных объектов в районе полигона захоронения ядохимикатов / Т. Я. Ашихмина, С. Г. Скугорева, Т. А. Адамович, Е. В. Товстик // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 1. С. 104–111. doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-104-111.
5. Албегова А. В. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2016 году // Региональный доклад. Киров, 2017. 207 с.

ПРОБЛЕМА СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ И ПРОДУКТАХ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Т. Н. Агеева, В. М. Пускова

*Белорусско-Российский университет, Беларусь,
ageeva.tam@yandex.by, ver_4@mail.ru*

В статье представлены результаты исследования воды из колодцев и водопроводных сетей населенных пунктов Могилевской области (Беларусь), а также продуктов растительного происхождения на содержание нитратов. Отмечен высокий удельный вес проб с повышенным содержанием нитратов в воде из колодцев (51,8%). В водопроводной воде их доля составляла 3,3%, в овощной продукции она колебалась на уровне 2,6–8,7%.

Ключевые слова: содержание нитрат-ионов, ПДК, вода из колодца, водопроводная вода, овощная продукция.

Проблема загрязнения окружающей среды сохраняет свою актуальность. В организм человека через воздух, воду и продукты питания попадают различные химические вещества, однако способность организма приспосабливаться к меняющимся условиям среды не беспредельна.

Негативное влияние на здоровье населения оказывают нитраты, содержащиеся в воде, продуктах растительного происхождения и другой пищевой продукции. Основная их масса попадает в организм человека с водой, овощами и консервами (60–80%). Кристально чистая, бодрящая и вкусная на первый взгляд вода из колодца или родника может таить в себе опасные вещества, которые незаметно подрывают здоровье человека. Нитраты попадают в грунтовые воды с минеральными удобрениями и прочими химикатами, используемыми в земледелии, а также с промышленными и канализационными стоками [1, 2]. Овощную продукцию практически невозможно вырастить без азотных удобрений. Однако большие дозы вносимых удобрений могут превратить ее в яд, а умеренные позволяют получить вполне съедобный продукт с ничтожно малым содержанием нитратов. В Могилевской области (Беларусь) сельскохозяйственные земли занимают почти половину земельных ресурсов. В их структуре наибольший удельный вес составляют пахотные земли (63,5%). Ведется интенсивное сельскохозяйственное производство, в связи с чем нагрузка на незащищенные водоносные горизонты постоянно возрастает. На территории области сохраняется множество мелких населенных пунктов (с численностью до 100 человек), где отсутствует централизованное водоснабжение и основным источником питьевой воды является вода из колодцев.

Цель работы – определение и анализ содержания нитратов в питьевой воде и продуктах растительного происхождения Могилевской области.

Объектами исследований была питьевая вода из колодцев и водопроводных сетей сельских и городских населенных пунктов области, а также овощная продукция сельскохозяйственных производителей Могилевской области и частных лиц. Всего было исследовано 256 проб воды из колодцев, в основном из сельской местности, 184 пробы водопроводной воды из 15 районов области и 168 проб овощной продукции (картофель, капуста, морковь и свекла). Определение нитрат-ионов проводили потенциометрическим методом с использованием нитратселективного электрода.

Результаты исследований показали, что содержание нитрат-ионов в пробах воды из колодцев населенных пунктов Могилевской области колебались в широком диапазоне (от 26 до 430 мг/л). Максимальная концентрация оказалась почти в десять раз выше нормативного значения (ПДК – 45 мг/л). Удельный вес проб с повышенным содержанием нитратов составил 51,8% (табл.). Среди них почти половина превысила значение ПДК в 2 раза и более. Средняя концентрация нитратов в пробах воды из колодцев составила 126,2 мг/л и, таким образом, в 2,8 раза оказалась выше допустимого уровня.

Результаты определения нитратов в воде и овощной продукции

Наименование проб	Всего исследовано проб	Доля проб с превышением ПДК, %	ПДК, мг/л, мг/кг	Содержание NO ₃ ⁻ , мг/л, мг/кг		
				min	max	среднее
Вода из колодцев	256	51,8	45	26	430	126,2
Вода водопроводная, всего	184	3,3	45	6	64	29,8
из них: г. Могилев	22	0	45	6	27	14,1
районы области	162	3,7	45	10	64	32,0
Овощная продукция, всего	168	4,2	—	8	1504	156,6
из них: картофель	71	2,8	250	8	266	52,6
капуста	23	8,7	500	106	680	254,2
морковь	38	2,6	250	12	272	48,4
свекла	36	2,8	1400	203	1504	413,8

В тоже время питьевая вода из источников централизованного водоснабжения по наличию нитратов была гораздо лучше. Доля проб с их превышенным содержанием составила только 3,3%. Причем максимальное значение (64 мг/л) незначительно превысило ПДК. Проба была взята из водопроводной сети одного из агрогородков области. Хочется отметить, что в самом г. Могилеве пробы воды с содержанием нитратов выше нормативного значения не регистрировались. Город полностью обеспечивается питьевой водой из глубоководных подземных источников системой централизованного водоснабжения. Средняя концентрация нитратов в пробах водопроводной воды в целом по области составила 29,8 мг/л и была в 1,5 раза ниже ПДК и в 4,2 раза ниже среднего показателя воды из колодцев.

Плохое качество питьевой воды из колодцев обусловлено в основном незащищенностью водного горизонта, попаданием в воду поверхностных стоков с личных подсобных хозяйств, а также расположенных вблизи населенных пунктов сельскохозяйственных угодий и животноводческих комплексов, отсутствием зачастую ремонтных работ и профилактического обслуживания колодцев. Концентрация нитратов в воде может изменяться в зависимости от сезона. Так, отмечено, что большая часть проб, в которых содержание нитратов превышало ПДК, была отобрана в весенний период. С талыми и дождевыми водами поверхностные стоки проникают в воду из колодцев и повышают концентрацию нитратов. В зимний период, когда грунт замерзший, концентрация нитратов понижается. Летом растения усиленно потребляют минеральные вещества из почвы, и они меньше попадают в грунтовые воды.

Содержание нитратов в отобранных образцах овощной продукции (зимнего хранения) сельскохозяйственных производителей области и частных лиц в большинстве случаев не превышало нормативные значения [3]. Наибольший удельный вес проб с повышенным содержанием нитратов отмечался у капусты (8,7%), затем по убыванию идет картофель (2,8%), свекла

(2,8%) и морковь (2,6%). Максимальные значения имели относительно небольшие отклонения от ПДК для соответствующего вида овощей (табл.). Средний показатель содержания нитратов в картофеле и моркови оказался в 5 раз ниже допустимых уровней, в капусте – в 2 раза и в свекле – в 3,4 раза. Самое высокое по образцам среднее значение нитратов пришлось на свеклу (413,8 мг/кг) и капусту (254,2 мг/кг). Данные виды обладают биологической особенностью к повышенному накоплению нитратов.

Для взрослого человека предельная концентрация нитратов, поступающих с пищей и водой, не должна превышать 325 мг в сутки, для ребенка она определяется из расчета 5 мг/кг веса, но не более 50 мг в сутки. Полученные результаты показывают, что в сельских населенных пунктах, где используются источники нецентрализованного водоснабжения, суммарная суточная нитратная нагрузка за счет потребления воды из колодца и овощной продукции может быть достаточно высока. Учитывая повышенные риски для здоровья населения, особенно детей первых трех лет жизни и беременных женщин, от ежедневного потребления нитратов, необходимо предусматривать профилактические мероприятия (своевременный ремонт и благоустройство колодцев, переход, по возможности, на глубоководные подземные источники и др.), проведение постоянного контроля и разъяснительной работы с населением о качестве воды и овощей, употребляемых в пищу.

Библиографический список

1. Щур А. В., Виноградов Д. В., Валько В. П. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие. Рязань : ФГБОУ ВО РГТУ, 2018. 328 с.
2. Здоровье населения и окружающая среда на территории Могилевской области в 2020 году // Информационно-аналитич. бюллетень УЗ «Могилевский Обл. ЦГЭ и ОЗ»; сост.: С. В. Нечай и др. Могилев, 2021. 198 с.
2. Санитарные нормы и правила «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов»: Постановление Министерства Здравоохранения РБ от 21.06.2013. № 52. Минск, 228 с.

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ГРАФСКОЕ НА ТЕРРИТОРИИ БАЙМАКСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Г. Ш. Кужина, А. Р. Исянгузин

*Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного
университета, kuzhina_gsh77@mail.ru*

В работе исследована пространственная изменчивость содержания тяжелых металлов в грунтах оз. Графское в зоне влияния горнодобывающего комплекса Баймакского района Республики Башкортостан. В осадках озера изученные металлы по среднему содержанию образовали убывающий геохи-

мический ряд: $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Co} > \text{Pb} \approx \text{Cd}$. Техногенные илы водоема характеризуются опасной степенью загрязнения.

Ключевые слова: озеро Графское, донные отложения, геохимическая фоновая концентрация, тяжелые металлы, суммарный показатель загрязнения.

Баймакский район считается одним из старейших индустриальных центров Республики Башкортостан (РБ) [1]. На его территории сосредоточены крупные месторождения полиметаллических руд, содержащих значительные количества золота [2]. Предприятия горнодобывающего комплекса района являются источниками загрязнения всех компонентов природной окружающей среды, в том числе и водных объектов. Основными загрязняющими веществами являются тяжелые металлы (ТМ), мигрирующие в водной экосистеме и накапливающиеся в наиболее неподвижном ее звене – донных отложениях (ДО) [3, 4]. Степень загрязнения и уровень накопления металлов в грунтах позволяет объективно оценить экологическое состояние водного объекта [5].

Главной рекой Баймакского района РБ является р. Таналык, сток которого зарегулирован несколькими водохранилищами. В конце XIX века в верховье реки был построен пруд, названный местными жителями Графским озером, для обеспечения водой обогащательного химического производства по извлечению золота из руды. Ценный металл добывался в этих местах в первые советские годы, но в конце 30-х XX века месторождение было законсервировано. В 1975 г. пруд был реконструирован и приобрел современный вид, объем и площадь водного зеркала которого составили 0,02 км³ и 2,37 км² соответственно. Водоем имеет неправильную форму и изрезанную береговую линию [6]. По своим размерам относится к небольшому водохранилищу, которое в настоящее время является живописной достопримечательностью Зауралья и выполняет рекреационную функцию для населения региона.

Следует отметить, что в 1,5 км от оз. Графское расположен отработанный карьер Куль-Юрт-Тау. Его подотвальные воды вместе с поверхностным стоком поступающих с рельефа местности атмосферными осадками и грунтовыми водами, а также бытовой мусор, сбрасываемый в водоохранную зону водного объекта являются основными источниками загрязнения исследуемого водохранилища ТМ.

Целью исследования являлось изучение пространственной изменчивости содержания металлов (Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Cd, Co, Pb) в осадках оз. Графское в условиях Баймакского района РБ.

Материалом для лабораторных исследований послужили образцы ДО, отобранные в соответствии с МУ РД 52.18.685 в летний период 2021 г. Наблюдательная сеть включала 5 створов, расположенных по сторонам света и на разном расстоянии друг от друга: 1 – южная точка (до плотины); 2 – западная точка; 3 – северная точка (верховье оз. Графское); 4 – восточная точка; 5 – юго-восточная точка (вблизи туристической базы «Графское озеро»).

Содержание ТМ в образцах грунтов определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии [8]. Для оценки загрязнения осадков исследуемого водохранилища использовали кратность превышения геохимических фоновых концентраций металлов. Степень загрязнения ДО озера оценивали с помощью суммарного показателя загрязнения (СПЗ):

$$СПЗ = \sum K_c - (n - 1),$$

где $K_c = C_i/C_f$ – коэффициент концентрации отдельных компонентов загрязнения; n – число суммируемых веществ, коэффициент концентрации K_c которых выше 1,0. Критические значения, позволяющие охарактеризовать ДО по степени загрязнения, таковы: при $СПЗ \leq 8$ – слабо загрязненная; при $8 \leq СПЗ \leq 16$ – допустимая степень загрязнения; при $16 \leq СПЗ \leq 32$ – умеренно опасная; при $32 \leq СПЗ \leq 128$ – опасная; $СПЗ \geq 128$ – чрезвычайно опасная [8].

Физико-химический анализ показал, что ДО всех точек отбора озера Графское загрязнены медью, цинком, железом, никелем и кобальтом (рис. А–Д). Основная аккумуляция данными металлами происходит в нижней части водоема. При этом превышение геохимического фона по Cu зарегистрировано от 3,8 до 5,3 раз, Zn – от 2,6 до 6,4 раз, Fe – от 2,0 до 2,4 раз, Ni – от 2,0 до 4,8 раз, Co – от 77 до 110 раз.

В то же время осадки, отобранные в южном и восточном створах озера, загрязнены кадмием (рис. Е), что обусловлено изменением гидродинамических условий исследуемого водотока. Наибольшее превышение фоновой концентрации наблюдалось в точке 1 (до плотины), составившее 1,8 раза. В точке 4 концентрация Cd была незначительно выше фона.

Общий фон содержания Mn и Pb в отложениях оз. Графское благоприятный, то есть они не загрязнены данными металлами. Концентрация марганца изменялась в пределах от 169 до 405 мг/кг, а свинца – от 0,1 до 0,33 мг/кг.

Полученные данные позволили отнести ДО озера по суммарному показателю загрязнения (СПЗ = 86–124) к опасной степени загрязнения (5 класс опасности). Наибольший вклад в расчет СПЗ вносил кобальт, но не стоит полностью исключать вклад и других металлов.

Сравнение среднего содержания изученных металлов в грунтах оз. Графское позволило расположить их в убывающий ряд: $Fe > Mn > Zn > Ni > Cu > Co > Pb \approx Cd$. В среднем зафиксировано превышение геохимического фона Cu в 4,5 раза, Zn – 4,0 раза, Fe – 2,2 раза, Ni – 3,7 раза, Co – 94 раза. Наряду с природным (фоновым) загрязнением отложений озера, связанным с геохимическими условиями района исследования, высока роль и техногенной нагрузки на водный объект. Поэтому необходимо разработать комплекс мероприятий, способствующий снижению воздействия деятельности на данный водоем, который обязательно должен сопровождаться систематическим государственным мониторингом.

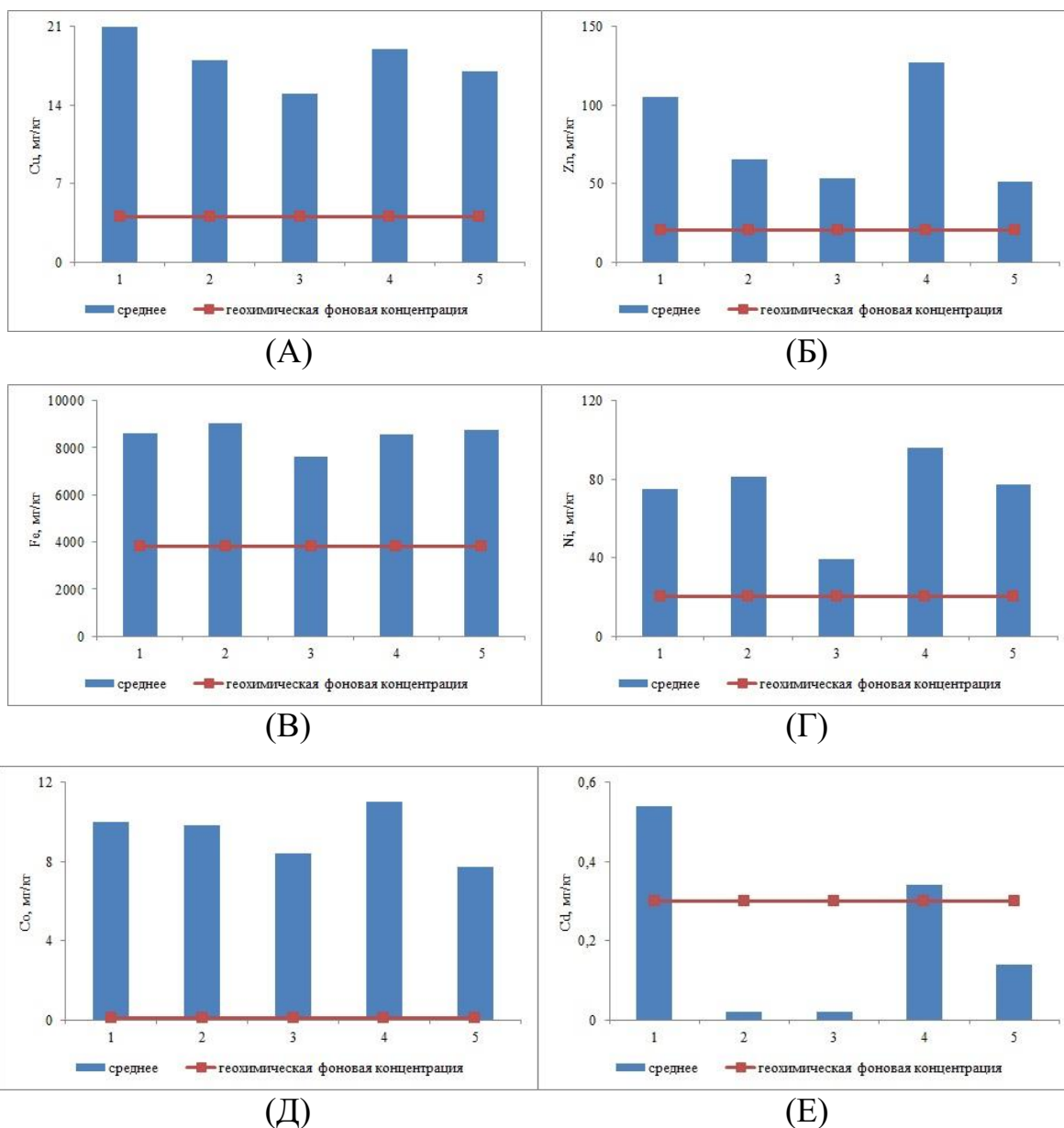


Рис. Пространственная изменчивость содержания тяжелых металлов в донных отложениях оз. Графское

Библиографический список

1. Башкортостан: Краткая энциклопедия. Уфа : Научное изд-во. «Башкирская энциклопедия», 1996. 672 с.
2. Фаткуллин Р. А. Природные ресурсы Республики Башкортостан и рациональное их использование : учеб. пособие. Уфа : Китап, 1996. 176 с.
3. Линник П. Н., Набиванец Б. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л. : Гидрометеиздат, 1986. 272 с.
4. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния. М. : Мир, 1987. 288 с.
5. Обоснование обобщающего показателя экологического состояния донных отложений / А. А. Клёнкин, Л. Ф. Павленко, И. Г. Корпакова, З. А. Темердашев // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. № 8. Т. 73. С. 11–14.
6. Гареев А. М. Реки и озера Башкортостана. Уфа : Китап, 2001. 260 с.
7. Методические указания «Определение массовой доли металлов в пробах почв и донных отложений. Методика выполнения измерений методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии». СПб. : Гидрометеиздат, 2006. 30 с.

8. Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров. СПб. : Изд-во «Глобус», 2012. 140 с.

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГО-СОЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ ОНКОЗАБОЛЕВАНИЙ В ВОСТОЧНОМ КРЫМУ

В. Г. Кобечинская¹, В. Б. Пышкин^{1,2}, Ю. В. Климова¹

*¹ Институт биохимических технологий, экологии и фармации
(структурное подразделение)*

*ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет им. В. И. Вернадского»,
valekohome@mail.ru, vpbiscrim@mail.ru, juliya_al@mail.ru*

*² Филиал Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова
в г. Севастополе, vpbiscrim@mail.ru*

Выполнена мониторинговая оценка влияния различных эколого-социальных факторов на развитие онкозаболеваний населения в Восточном Крыму на примере г. Керчь и Ленинского района. Выявлены основные тенденции изменения медицинских и демографических показателей здоровья населения в области онкологии в этом регионе с учетом гендерных и возрастных аспектов.

Ключевые слова: онкозаболевания, эколого-социальные факторы, демография населения, Восточный Крым.

Загрязнение и деградация природной среды вследствие несовершенства технологических процессов современного производства наносят ущерб здоровью населения. Первые ранговые места в структуре заболеваемости и смертности занимают болезни, в этиологии которых ведущая роль отводится экзогенным факторам, обуславливающим денатурацию всех сред обитания человека [1, 2].

По данным Управления Федеральной службы государственной статистики Республики Крым и г. Севастополя на долю промышленного сектора приходится 51,4% от общего объема атмосферных эмиссий в Крыму. Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников за 2020 г. (тыс. т): пыли – 2,6; диоксида серы – 3,0; оксида азота – 8,0; оксида углерода – 9,1; углеводородов – 12,6 соответственно. На автомагистралях в зонах жилой застройки в Керчи превышение ПДК зарегистрировано только по оксиду углерода: доля таких проб составила 3,2%. Численность автомобилей в городе возросла за последние 5 лет в 4,5 раза. Кроме зарегистрированного транспорта, большой вклад к уже существующему объему загрязняющих эмиссий вносит и транзитный транспорт, особенно в летний период времени, идущий через Крымский мост.

Объем забора подземных вод в Крыму составил 123,66 млн м³, превысив в 3 раза максимально допустимые нормы изъятия – 40 млн м³ в год. Это привело к тому, что пробы с отклонениями от СанПиН 2.1.4.1074–01 зафиксированы по общей жесткости, общей минерализации, хлоридам, сульфатам, нитратам (превышение ПДК от 6,2 до 8,5%). Средний процент потерь на сетях водоснабжения в Керчи достигает 60%. Не соответствовали установленным нормам по санитарно-химическим показателям 10,3% исследованных проб воды в 2020 г, что выше на 2,4% чем в 2016 г. Вода низкого качества, использование старых технологий в процессе ее обеззараживания (использование хлорсодержащих реактивов), безусловно, сказывается на состоянии здоровья населения. Надзор за качеством пищевых продуктов на полуострове осуществляет Межрегиональное Управление Федеральной службы по надзору и сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Крым (РК). Удельный вес проб продуктов питания, не соответствующих по физико-химическим характеристикам, составил – 3,8%, по показателю идентификации – 3,4%, по микробиологическим параметрам – 1,3%, по санитарно-химическим показателям – 1,7%. Все выше перечисленные факторы оказывают негативное влияние на здоровье проживающего в Восточном Крыму населения. Приводимые нами данные относятся только к взрослому населению старше 18 лет.

В настоящее время онкологическая патология является одной из наиболее распространенных и социально значимых видов заболеваний. Известно, что 85–90% всех случаев рака определяется воздействием канцерогенов окружающей среды, остальные же обусловлены вирусными, генетическими и другими эндогенными причинами [3].

Выяснение роли различных факторов в развитии злокачественных новообразований является сложной задачей, так как они могут иметь многообразные прямые или опосредованные связи с нарушениями в состоянии здоровья человека. Оценка общего онкологического риска из-за загрязнителей окружающей среды в развитых странах составляет 8–9% [4].

Мониторинговый анализ динамики заболеваний раком по всем его формам проводился в течение 5 лет по материалам обследований (2016–2020 гг.) в онкодиспансере, который обслуживает население г. Керчи и Ленинского района.

Целью нашей работы было провести сравнительный анализ по онкопатологии в Восточном Крыму по сравнению со всей территорией полуострова.

В ходе исследования были обработаны полученные данные по карточкам о пациентах, поступивших для обследования и лечения в стационаре. Материалом для анализа служила сыворотка крови здоровых людей, проходивших диспансеризацию, и больных людей, находящихся на лечении. Выполнялись все необходимые лабораторные методы исследований – биохимические, иммуноферментные и др.

В структуре общей заболеваемости злокачественными новообразованиями по медицинской статистике в РК рак кожи занимает первое место

(16,8%), намного превышая этот показатель по сравнению с другими регионами страны [5]. У женщин Крыма по заболеваемости после поражения кожи, на втором месте онкология молочной железы (11,7%), на третьем – половая сфера (7,6%). У крымских мужчин на первом месте стоит также онкология кожи (16,0%), на втором – кишечник (11,1%), далее – легкие (9,5%) и онкоурология (5,9%). Следовательно, у жителей полуострова самыми распространенными являются онкологические заболевания кожи, молочной железы и кишечника.

Сопоставим эти данные с результатами, полученными нами, для населения Восточного Крыма с учетом гендерного и возрастного спектра.

Ведущей патологией у мужского населения в Восточном Крыму являются злокачественные новообразования кожи, легкого, желудка, кишечника и предстательной железы. Самые высокие показатели – это поражение легких: до 18,7% от общего числа обследованных, т. е. почти в 2 раза выше республиканских. По раку кожи – 17,0% эти данные близки по региону. На долю онкозаболевания предстательной железы приходится 7,4%, также выше среднекрымских данных от числа выявленных у мужчин (826–672 чел./год). При оценке динамики за этот период прослеживается тенденция к снижению этой формы поражения организма, но среднегодовой темп убыли (1У стадия) равен 2,6%, что выше по сравнению с другими регионами РФ (1,6%). На опухоли желудка от общего числа больных приходится 11,6% с устойчивым приростом на 3,7% за изученный период, по Крыму этот показатель существенно ниже (5%).

У женщин данного региона чаще всего после рака кожи встречаются опухоли репродуктивной системы – 30,3%, в том числе на долю новообразований молочной железы приходится 12,5%, шейки матки – 6,9%, тела матки – 6,02%, яичников – 4,9%, что выше в сумме в 1,5 раза общекрымских показателей. Следует отметить, что благодаря массовой диспансеризации женщин в г. Керчь резко снизился уровень заболеваемости раком молочной железы на 17,8% за 5 лет. Третье место в структуре первичной онкозаболеваемости у женщин занимает патология желудочно-кишечного тракта, доля которой в сумме достигает 18,8%, в том числе на опухоли желудка приходится 7,6%, ободочной кишки – 5,4%, прямой кишки – 3,7%, поджелудочной железы – 2,1%. Эти показатели существенно выше, чем у мужчин.

Также выявлены и возрастные различия среди заболевших. Злокачественные новообразования в основном поражают людей старшей возрастной категории, так как активность иммунитета снижается, его способность к защите организма становится менее эффективной, в результате происходит больше случайных поломок в клетках органов [6].

Первые случаи онкозаболеваний легких в г. Керчь регистрируются среди женщин в возрасте 25–29 лет, а у мужчин – в 20–24 года. Значения уровня поражения раком легких у мужчин выше, чем у женщин в возрасте 75–79 лет в 5,6 раза, в 65–69 лет – в 3,9 раза, в 55–64 года – в 8,6 раза. Обращает на себя внимание еще одна выявленная закономерность. По мере повышения возрас-

та женщин ряд форм рака выявляется реже. Так, доля опухолей желудка у женщин в возрасте от 40 до 59 лет встречается чаще – в 3,5 раза, а старше 60 лет только в 1,1 раза, соответственно: кожи – 2,1 раза (60 лет и старше – в 1,7 раза), молочной железы в 20–39 лет – 1,9 раза (40 лет и старше – в 1,5 раза). Среди мужского населения новообразования легких чаще отмечаются в 75–79 лет (44,9%), а кожи и желудка – в 80–84 года (65,9% и 24,1%). Пик онкопатологий в женской популяции этой территории приходится на возрастную группу 65–69 лет (88,4%), в мужской значительно старше – 75–79 лет (44,9%). Также отмечен рост выявления раковых заболеваний посмертно при патологическом вскрытии в отмеченный период с 47 до 67 случаев.

За 5 лет в онкодиспансере г. Керчь, благодаря постоянной работе по выявлению онкологий на ранних стадиях, когда они хорошо поддаются лечению, произошло существенное улучшение этих показателей. Так, в 2017 г. они выросли на 43%, по итогам 2020 г. – на 52,7%.

Эти данные формируются благодаря тому, что врачи в районных поликлиниках активно ведут работу по обнаружению опухолей на 1–2-й стадии через диспансеризацию и другие осмотры. В результате заболеваемость раком кожи среди населения уменьшилась за пятилетний период на 69,9%, ободочной кишки – на 7,7%, шейки матки – на 4,7%, прямой кишки – на 2,9%, легких – на 0,2%.

Подводя итоги пятилетнего мониторинга, можно констатировать стойкое снижение уровня онкозаболеваний среди населения Восточного Крыма, хотя по ряду показателей они еще существенно отстают от республиканских. Это связано с улучшением уровня материально-технической базы медицинских учреждений, усовершенствованием деятельности межрайонных онкологических диспансеров и смотровых кабинетов поликлиник по доклинической диагностике опухолевых заболеваний, по организации работы кабинетов паллиативной помощи, улучшением социального положения населения, увеличением профосмотров в общей лечебной сети и проведением санитарно-просветительных работ.

Библиографический список

1. Экология человека: основные проблемы / Под ред. В. П. Казначеева, В. С. Преображенского. М. : Наука, 1988. 221 с.
2. Barrett J. Susceptibility to environmental hazards / Mechanisms and prevention of environmentally caused cancers : Monogr. based on papers pres. at the symp. 21–25 Oct. 1995. Santa Fe, N. Mex. 1997. Vol. 105. P. 697–998.
3. Малиновский Н. Н., Рашетников Е. А., Кобцева Л. Ф. Всеобщая диспансеризация населения основа профилактики, ранней диагностики и эффективного лечения онкологических заболеваний // Хирургия. 1996. № 1. С. 7–14.
4. Ибрагимов В. Р. Обоснование и принципы профилактики злокачественных новообразований в крупном промышленном регионе : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Уфа, 1996. 35 с.
5. Население республики Крым. Демографический ежегодник. Симферополь : Крымстат, 2020. 177 с.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СОРБЦИИ ИОНОВ СВИНЦА(II) ВЫСШИМИ ГРИБАМИ

С. Г. Скугорева¹, Г. Я. Кантор^{1, 2}

¹ ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, skugoreva@mail.ru

² Вятский государственный университет, grigory_kantor@mail.ru

Кинетику сорбции ионов свинца(II) из раствора с начальными концентрациями $((0,1-10) \cdot 10^{-5} \text{ М})$ высшими грибами *Agaricus bisporus* и *Russula atropurpurea* хорошо описывает модель псевдо-второго порядка. Скорость и емкость сорбции были достаточно близки для исследуемых видов грибов. Изотерму сорбции ионов свинца высшими грибами хорошо описывают уравнения Фрейндлиха и Ленгмюра, лучшим сорбентом является *R. atropurpurea*. Ряд по снижению эффективности сорбции ионов тяжелых металлов высшими грибами имеет вид: $\text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$.

Ключевые слова: ионы свинца(II), адсорбция, кинетика сорбции, изотерма сорбции, высшие грибы.

Свинец является одним из самых токсичных тяжелых металлов (ТМ). Наиболее эффективным способом извлечения ТМ из загрязненных сточных вод и почв является сорбция, особенно перспективна биосорбция, основанная на использовании в качестве сорбентов живых организмов или их сухой биомассы. Высокой сорбционной способностью к соединениям ТМ обладает полисахарид хитин – основной структурный компонент клеточных стенок высших грибов [1, 2].

Изучение биосорбции с использованием моделей кинетики и изотермы сорбции является важным для понимания механизма процесса, подбора наиболее эффективных сорбентов и оптимальных условий проведения сорбции [3]. Ранее нами была дана оценка эффективности высших грибов шампиньона двуспорового *Agaricus bisporus* и сыроежки волнистой *Russula atropurpurea* по отношению к ионам меди(II) [4] и кадмия [5].

Цель данной работы: оценить эффективность использования сухой биомассы плодовых тел высших грибов по отношению к ионам свинца(II) и сравнить ее с эффективностью сорбции ионов меди(II) и кадмия.

Из плодовых тел (шляпки) высших грибов готовили препараты для сорбции: высушивали до постоянной массы, измельчали и растирали в фарфоровой ступке. Измерение содержания ионов Pb^{2+} в растворе проводили потенциометрическим методом на иономере «Эксперт-001» с ионоселективным электродом, чувствительными к концентрации Pb^{2+} в растворе [6]. Опыт проводили с использованием магнитной мешалки при температуре 23 ± 1 °С. Для

проведения опыта использовали растворы нитрата меди(II) с концентрациями 0,1; 0,2; 0,6; 1; 6; 8; 10 · 10⁻⁵ моль/л (М). В стакан наливали 50 мл раствора нитрата свинца(II) определенной концентрации, погружали в раствор магнит, ионоселективный электрод, двухключевой электрод сравнения, включали мешалку. Запускали программу приема и обработки данных EXP2PR. Пробы сухих сорбентов взвешивали (50,0 мг), быстро вносили в стакан с раствором нитрата свинца(II).

Кинетику сорбции ионов свинца описывали моделями псевдо-первого, псевдо-второго порядков и моделью Еловича. При описании изотерм сорбции использовали модели изотермы адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина-Радushкевича. Значения параметров кинетических моделей и изотермы сорбции, усредненные за полное время каждого измерения, были найдены методом наименьших квадратов при помощи надстройки «Поиск решения» программного пакета Excel. При подборе уравнения модели кинетики и уравнения изотермы сорбции рассчитывали коэффициент детерминации r^2 по формуле:

$$r^2 = 1 - \frac{D_1}{D_2},$$

где D_1 – дисперсия разности экспериментальных и расчетных данных; D_2 – дисперсия экспериментальных данных.

По значениям коэффициента детерминации r^2 подбирали математическую модель, оптимально описывающую кинетику сорбции ионов свинца высшими грибами (табл. 1). Наибольшие значения r^2 (0,94–0,996) при всех начальных концентрациях Pb²⁺ в растворе характерны для модели псевдо-второго порядка, ниже значения – для модели псевдо-первого порядка (0,83–0,989) и самые низкие – для модели Еловича (0,46–0,82).

Таблица 1

Результаты обработки (r^2) кинетических кривых сорбции Pb²⁺ моделями химической кинетики

Начальная концентрация Pb ²⁺ в растворе, · 10 ⁻⁵ М	Гриб-сорбент	Модель псевдо-первого порядка	Модель псевдо-второго порядка	Модель Еловича
0,1	<i>A. bisporus</i>	0,94	0,992	0,59
	<i>R. atropurpurea</i>	0,95	0,990	0,67
0,2	<i>R. atropurpurea</i>	0,990	0,94	0,67
0,6	<i>A. bisporus</i>	0,98	0,991	0,75
	<i>R. atropurpurea</i>	0,94	0,98	0,82
1	<i>A. bisporus</i>	0,90	0,993	0,67
	<i>R. atropurpurea</i>	0,97	0,98	0,58
6	<i>A. bisporus</i>	0,96	0,990	0,58
	<i>R. atropurpurea</i>	0,92	0,996	0,42
8	<i>A. bisporus</i>	0,83	0,97	0,50
10	<i>A. bisporus</i>	0,96	0,98	0,59
	<i>R. atropurpurea</i>	0,93	0,98	0,59

Примечание: жирным шрифтом выделены наибольшие значения.

Сорбция ионов свинца(II) также, как Cd^{2+} и Cu^{2+} [4, 5], хорошо описывается моделью псевдо-второго порядка, основанной на предположении, что скорость сорбции лимитирует реакция ионного обмена между адсорбентом и адсорбатом. Значения кинетического коэффициента, который характеризует скорость сорбции, и равновесной массы сорбата, определяющей емкость сорбции, были достаточно близки для исследуемых видов высших грибов (табл. 2). При этом с увеличением начальной концентрации Pb^{2+} в растворе скорость сорбции снижалась ($r = -0,61$ – $-0,76$), а емкость сорбентов возрастала ($r = 0,997$ – $0,9999$).

Сравним параметры модели кинетики псевдо-второго порядка при сорбции ионов свинца, меди [4] и кадмия [5] сухой биомассой плодовых тел высших грибов. Кинетический коэффициент при сорбции ионов свинца был ниже в 1,3–5,5 раза по сравнению с ионами меди, но выше в 1,1–10,0 раз, чем для ионов кадмия. Равновесная масса сорбата при сорбции ионов свинца (в ммоль ионов ТМ на г сорбента) была ниже в 1,7–2,1 раза, чем для ионов меди, при этом ее значения были очень близки к значениям для процесса сорбции ионов кадмия. Таким образом, ряд по снижению показателей кинетики сорбции ионов ТМ высшими грибами имеет вид: $\text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+} \geq \text{Cd}^{2+}$.

В ходе работы были построены изотермы адсорбции и проведен подбор наиболее оптимальной теоретической модели (рис.). Для обоих видов грибов максимальные и высокие значения коэффициента детерминации установлены для уравнения многослойной адсорбции Фрейндлиха и мономолекулярной адсорбции Ленгмюра.

Таблица 2

Параметры модели сорбции псевдо-второго порядка для сорбентов при разных начальных концентрациях Pb^{2+} в растворе

Начальная концентрация Pb^{2+} в растворе, $\cdot 10^{-5}\text{M}$	Кинетический коэффициент, $\text{г}/(\text{мг} \cdot \text{с})$		Равновесная масса сорбата, $\text{мг Pb}/\text{г сорбента}$	
	<i>A. bisporus</i>	<i>R. atropurpurea</i>	<i>A. bisporus</i>	<i>R. atropurpurea</i>
0,1	2,090	3,970	0,191	0,207
0,2	–	3,550	–	0,415
0,6	1,385	0,557	1,218	1,186
1	0,268	0,307	1,990	2,027
6	0,023	0,071	12,071	11,840
8	0,026	–	14,033	–
10	0,016	0,010	19,216	20,332
Коэффициент корреляции с концентрацией (r)	-0,76	-0,61	0,997	0,9999

Примечание: прочерк обозначает отсутствие данных; жирным шрифтом выделены наибольшие значения.

Из таблицы 3 видно, что в соответствии с уравнением Фрейндлиха наибольшее значение коэффициента β , характеризующего емкость сорбции, установлено для *R. atropurpurea*.

По уравнению Ленгмюра емкость монослоя A_{max} больше для *A. bisporus* в 1,2 раза, а коэффициент Ленгмюра K_L больше в 7,0 раза по сравнению с

R. atropurpurea, что позволяет считать *A. bisporus* лучшим сорбентом. Для ионов меди [4] значения $A_{\max}$ (в пересчете на ммоль ионов ТМ на г сорбента) были значительно (в 3,9–4,4 раза) выше, чем для ионов свинца. Для ионов кадмия [5] емкость монослоя была несколько ниже (до 1,2 раза), чем для ионов свинца. Таким образом, ряд по снижению емкости сорбции ионов ТМ высшими грибами имеет вид: $\text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$, он совпадает с рядом, построенным по модели кинетики сорбции.

В меньшей степени для описания изотермы сорбции подходит уравнение Дубинина-Радускевича. Константа k в данном уравнении характеризует энергию связи сорбента с ионами свинца, $A_{\max}$ – максимальную сорбцию. Константа k имеет наибольшее значение у *A. bisporus* ($k = 0,0240 \text{ мг}^2/\text{кДж}$), а *R. atropurpurea* характеризуется большей максимальной сорбцией ($A_{\max} = 24,52 \text{ мг/г}$).

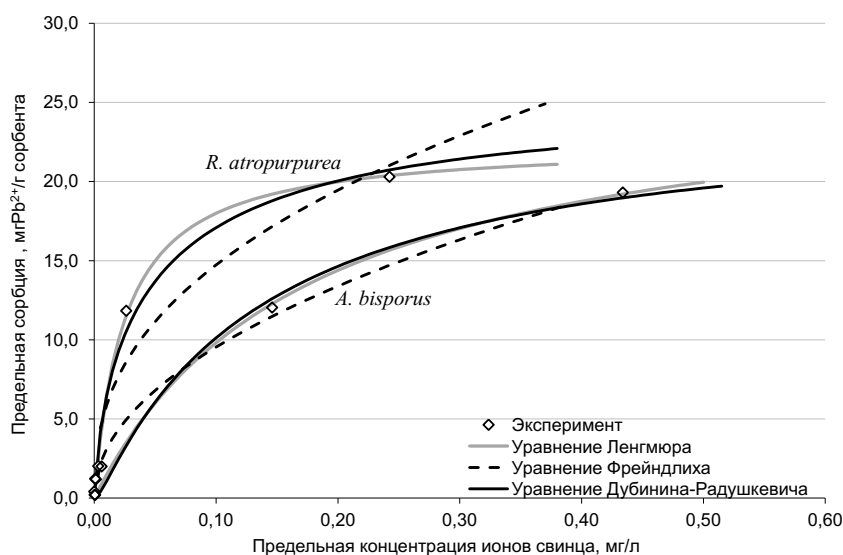


Рис. Изотермы сорбции ионов свинца высшими грибами

Таблица 3

Результаты описания изотерм сорбции Pb^{2+} уравнениями Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина-Радускевича

Уравнение изотермы сорбции		<i>A. bisporus</i>		<i>R. atropurpurea</i>	
Ленгмюра	$A_{\max}$, мг/г	26,91	$r = 0,994$	22,48	$r = 0,998$
	K_L , л/мг	5,75		40,11	
Фрейндлиха	β , л/мг	29,41	$r = 0,996$	37,12	$r = 0,95$
	n	2,05		2,49	
Дубинина-Радускевича	$A_{\max}$, мг/г	23,35	$r = 0,991$	24,52	$r = 0,990$
	k , мг ² /кДж	0,0240		0,0104	

Примечание: жирным шрифтом выделены наибольшие значения.

Таким образом, кинетика сорбции ионов свинца(II) из раствора с начальными концентрациями $((0,1–10) \cdot 10^{-5} \text{ М})$ высшими грибами *A. bisporus* и *R. atropurpurea* хорошо описывается уравнением псевдо-второго порядка. Скорость и емкость сорбции были достаточно близки для исследуемых видов

грибов. Изотерма сорбции ионов свинца сорбентами хорошо описывается уравнениями Фрейндлиха и Ленмюра, лучшим сорбентом является *R. atropurpurea*. Ряд по снижению эффективности сорбции ионов ТМ высшими грибами имеет вид: $\text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$.

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

Библиографический список

1. Хитин и хитозан : получение, свойства и применение / под ред. К. Г. Скрябина, Г. А. Вихоревой, В. П. Варламова. М. : Наука, 2002. 368 с.
2. Хитозан / под ред. К. Г. Скрябина, С. Н. Михайловой, В. П. Варламова. М. : Центр «Биоинженерия» РАН, 2013. 593 с.
3. Скугорева С. Г., Кантор Г. Я., Домрачева Л. И. Оценка эффективности сорбции ионов свинца(II) с помощью моделей кинетики и изотермы сорбции // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 44–51. doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-044-051
4. Скугорева С. Г., Кантор Г. Я., Жукова А. В. Использование математических моделей для оценки сорбционных способностей высших грибов и активированного угля по отношению к ионам меди(II) // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 2. С. 44–50. doi: 10.25750/1995-4301-2020-2-044-050
5. Высшие грибы как сорбенты ионов кадмия / С. Г. Скугорева, Г. Я. Кантор, А. В. Жукова, Т. Я. Ашихмина // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 60, № 12. С. 140–145. doi: jbc-02/19-60-12-140
6. Сравнительный анализ эффективности использования сорбентов различной природы по отношению к ионам меди(II) / С. Г. Скугорева, Г. Я. Кантор, Л. И. Домрачева, Т. И. Кутявина // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 3. С. 12–18. doi: 10.25750/1995-4301-2018-3-012-018

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ Sr^{2+} ИЗ РАСТВОРОВ С РАЗЛИЧНЫМ СОЛЕВЫМ ФОНОМ СОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТА БАРИЯ ИЗ СОЛОМЫ РИСА

А. Е. Панасенко, С. Б. Ярусова, П. С. Гордиенко, Ю. А. Паротькина
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук,
yarusova_10@mail.ru

В работе представлены результаты исследования сорбционных свойств наноструктурированного алюмосиликата бария, полученного из соломы риса. Исследован процесс сорбции ионов Sr^{2+} в статических условиях при температуре 20 °С из водных растворов хлорида стронция без солевого фона и из растворов сложного солевого состава. Приведены значения коэффициента межфазного распределения и степени извлечения ионов Sr^{2+} из исследуемых растворов при различном соотношении твердой и жидкой фаз.

Ключевые слова: стронций, сорбция, алюмосиликат бария, рисовая солома, солевой фон, коэффициент межфазного распределения, степень извлечения.

Вопросы создания новых сорбционных материалов, которые имели бы высокую сорбционную емкость, в том числе, из сложных по ионному составу растворов, остаются актуальными и в настоящее время.

Российскими исследователями [1–3] в качестве эффективных сорбентов для извлечения стронция были предложены материалы на основе аморфного силиката бария BaSiO_3 и наноструктурированного алюмосиликата бария состава $\text{BaAl}_2\text{Si}_n\text{O}_{(n+2)\cdot 2} \cdot m\text{H}_2\text{O}$, где $n = 2, 4, \dots 10$; m принимает как целые, так и дробные значения больше единицы.

Аналогичный по составу материал был синтезирован из соломы риса путем ее щелочного гидролиза 1 М раствором NaOH в соотношении $T : Ж = 1 : 15$ при 90°C с последующим добавлением к полученному гидролизату растворов хлорида бария и алюминия из расчета $\text{Al} : \text{Ba} : \text{PC} = 1 : 2,6 : 17$. Максимальная сорбционная емкость A_m полученного материала по отношению к ионам Sr^{2+} из растворов без солевого фона достигает $0,4$ ммоль/г ($T : Ж = 1 : 400$, $t = 20^\circ\text{C}$) [4].

Представляет интерес исследование сорбционных свойств вышеуказанного материала из растворов различного солевого состава.

Опыты по сорбции ионов Sr^{2+} проводили при $T : Ж = 1 : 40$; $1 : 400$; $1 : 1000$; $1 : 2000$ из водных растворов хлорида стронция ($\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) без солевого фона с концентрацией ионов Sr^{2+} $49,5$ мг/л; из растворов, имитирующих состав пресной воды, используемой в работе [5] (далее – ИПВ) состава, мг/л: $\text{Na}^+ - 132$; $\text{Ca}^{2+} - 100$; $\text{Mg}^{2+} - 75$; $\text{Sr}^{2+} - 10-12$; $\text{K}^+ - 15$; $\text{Cl}^- - 82$; $\text{SO}_4^{2-} - 650$ (рН раствора $7,6$); из морской воды с элементным составом, мг/л: $\text{Mg} > 1000$; $\text{Ca} - 339,5$; $\text{Sr} - 6,28$; $\text{Al} - 0,31$; $\text{Fe} - 0,07$; $\text{Pb} - 0,05$; $\text{Zn} - 0,05$; $\text{Co} < 0,05$; $\text{Cd} - 0,04$; $\text{Cr} - 0,03$; $\text{Ba} - 0,02$; $\text{Mn} - 0,02$; $\text{Cu} < 0,01$.

Содержание ионов Sr^{2+} в исходных растворах и фильтратах после сорбции определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на двухлучевом спектрометре SOLAAR M6 (Thermo Scientific, США) по аналитической линии $460,7$ нм. Предел обнаружения ионов стронция в водных растворах составляет $0,002$ мкг/мл.

Степень извлечения ионов Sr^{2+} (α , %) рассчитывали по формуле:

$$A_c = \frac{(C_{\text{исх}} - C_p) \cdot V}{m} \quad (1)$$

Коэффициент межфазного распределения (K_d , мл/г) определяли следующим образом:

$$K_d = \frac{(C_{\text{исх}} - C_p) \cdot V}{C_p m} \quad (2)$$

где $C_{\text{исх}}$ – исходная концентрация ионов Sr^{2+} в растворе, ммоль/л; C_p – равновесная концентрация ионов Sr^{2+} в растворе, ммоль/л; V – объем раствора, л; m – масса сорбента, г.

В таблице приведены значения коэффициента межфазного распределения и степени извлечения Sr^{2+} из исследуемых растворов при различном соотношении твердой и жидкой фаз.

Таблица

Коэффициенты межфазного распределения и степени извлечения Sr^{2+} при сорбции из растворов различного солевого состава

Раствор	Соотношение Т : Ж	K_d , мл/г	Степень извлечения α , %
Без солевого фона (дистиллированная вода)	1 : 40	$0,7 \cdot 10^3$	94,6
	1 : 400	$1,2 \cdot 10^3$	74,3
	1 : 1000	$2,1 \cdot 10^3$	67,5
	1 : 2000	$2,5 \cdot 10^3$	56,0
Раствор ИПВ	1 : 40	$1,0 \cdot 10^3$	96,2
	1 : 400	$1,3 \cdot 10^3$	76,8
	1 : 1000	$1,6 \cdot 10^3$	60,7
	1 : 2000	$4,5 \cdot 10^3$	69,2
Морская вода	1 : 40	$1,7 \cdot 10^3$	97,7
	1 : 400	$0,7 \cdot 10^3$	62,8
	1 : 1000	$1,2 \cdot 10^3$	53,6
	1 : 2000	$1,2 \cdot 10^3$	37,5

Как видно из представленной таблицы, существенных различий при сорбции Sr^{2+} из исследуемых растворов не наблюдается, что говорит об эффективности полученного сорбента при его использовании в условиях солевого фона. Степень извлечения стронция из всех вышеуказанных растворов при Т : Ж, равном 1 : 40, составляет более 90%.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института химии ДВО РАН № 0205-2021-0002.

Библиографический список

1. Образование осадка при поглощении стронция сорбционно-реагентными материалами / Т. А. Сокольницкая, В. А. Авраменко, И. С. Бурков, А. П. Голиков, В. В. Железнов, Е. В. Каплун, М. С. Паламарчук, В. И. Сергиенко, А. А. Юхам // Журнал физической химии. 2004. Т. 78, № 3. С. 497–502.
2. Патент № 2680964 Российская Федерация, МПК G21F 9/12. Сорбционный материал для селективного извлечения радионуклидов стронция из сложных по ионному составу растворов и способ извлечения радионуклидов стронция с его помощью / П. С. Гордиенко, И. А. Шабалин, С. Б. Ярусова, С. Б. Буланова. № 2018113211; заявл. 11.04.2018; опубл. 01.03.19, Бюл. № 7.
3. Сорбция ионов стронция силикатами бария из растворов сложного солевого состава / П. С. Гордиенко, И. А. Шабалин, С. Б. Ярусова, С. Б. Буланова, В. Г. Куравый, В. В. Железнов, С. Н. Сомова, И. Г. Жевтун // Журнал неорганической химии. 2019. Т. 64, № 12. С. 1326–1334. doi: 10.1134/S0044457X19120055
4. Наноструктурированный барийсодержащий силикатный сорбент из растительного сырья / А. Е. Панасенко, С. Б. Ярусова, П. С. Гордиенко, С. Н. Сомова, Ю. А. Пароткина // Физико-химические проблемы адсорбции, структуры и химии поверхности нанопористых материалов : сб. тезисов докладов Всерос. конф. с междунар. участием (к 120-летию

со дня рождения М. М. Дубинина), 18–22 октября, 2021, Москва, Россия. М. : ИФХЭ РАН, 2021. С. 191–194.

5. Баранова О. Ю. Защита водных объектов от техногенных радионуклидов сорбентами на основе опалкристобалитовых пород : автореф. дис. ... канд. тех. наук : Екатеринбург, 2006. 19 с.

СЕЛЕКТИВНЫЙ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ МЕТОД ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

О. А. Плотникова, Е. И. Тихомирова

*Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А., plotnikovaoa@sstu.ru*

Статья посвящена исследованию возможности применения синхронного сканирования с постоянной разницей длин волн возбуждения и флуоресценции для анализа многокомпонентной смеси полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Данный метод может быть успешно применен для идентификации отдельных ПАУ при экологическом мониторинге водных объектов окружающей среды.

Ключевые слова: флуоресцентный анализ, синхронное сканирование, полициклические ароматические углеводороды.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) являются известными экотоксикантами. Поскольку ПАУ обладают сильной канцерогенной, мутагенной и тератогенной активностью [1], они наносят большой ущерб здоровью человека и животных даже при «следовых» концентрациях в окружающей среде. Для эффективного контроля ПАУ крайне важным является выбор подходящих методов их обнаружения. В связи с этим для обеспечения растущих потребностей экоаналитического контроля актуальным является разработка и усовершенствование существующих методов анализа ПАУ. Определенными преимуществами для определения ПАУ обладают флуоресцентные методы. В случае сложных проб окружающей среды область применения флуориметрического анализа может быть расширена с помощью синхронной флуоресцентной спектроскопии [2]. Синхронные спектры получают при одновременном сканировании длин волн возбуждения и испускания с постоянным сдвигом: $\lambda_{\text{исп.}} - \lambda_{\text{возб.}} = \Delta\lambda = \text{const}$. В обзорах [3, 4] подробно описаны принципы и возможности применения синхронной спектрофлуориметрии. Данный метод успешно применялся для идентификации ПАУ во взвешенных частицах городского воздуха [5, 6], водных источниках [7, 8], почвенных экстрактах [9].

Таким образом, целью работы являлось исследование возможности применения синхронного сканирования с постоянной разницей длин волн возбуждения и флуоресценции для анализа многокомпонентной водной смеси ПАУ.

В работе применялись препараты ПАУ (пирен, антрацен, фенантрен, флуорен) фирмы «Sigma» (США). В качестве растворителя использовались водно-мицеллярные растворы (ВМР) катионного ПАВ – цетилтриметиламмония бромида (ЦТАБ) марки «ч. д. а.» фирмы «Sigma». В рабочих растворах концентрация ЦТАБ соответствовала критической концентрации мицеллообразования (ККМ) – $9,5 \cdot 10^{-4}$ М. Концентрация ПАУ в ВМР составляла 10^{-7} М. Для сорбционного концентрирования и люминесцентных исследований применялась фильтровальная нетканая гидрофобная матрица на основе вискозы («Ленфильтр», г. Санкт-Петербург). Сорбцию ПАУ на матрицу проводили в динамическом режиме в сорбционной колонке. Флуоресценция ПАУ в растворах и на матрицах регистрировалась на спектрофлуориметре «Флуорат-02-Панорама» (Россия).

В литературных источниках обсуждаются возможности применения метода синхронной спектрофлуориметрии на твердых матрицах [7, 9, 10]. Сорбционное концентрирование на матрицах позволяет значительно усилить сигнал флуоресценции ПАУ [11], что также справедливо и для синхронных спектров. Подобные эксперименты по синхронному сканированию с постоянным сдвигом длин волн возбуждения и испускания были выполнены нами при использовании сорбционного концентрирования ПАУ из ВМР ЦТАБ и регистрации спектров на вязкой матрице. Нужно отметить, что спектры синхронной флуоресценции изученных ПАУ на твердой вязкой матрице соответствуют аналогичным спектрам, полученным при исследовании растворов ПАУ.

Упрощенный характер синхронных спектров сложных молекул является основой для простого и быстрого анализа как отдельных веществ, так и селективного метода определения индивидуальных компонентов в их смеси. Для подтверждения этого утверждения экспериментально были получены классические и синхронные спектры флуоресценции ряда растворов отдельных ПАУ и их смеси. Были получены синхронные спектры флуоресценции фенантрена, антрацена, флуорена и пирена в диапазоне $\Delta\lambda$ от 5 до 160 нм. На рисунке показаны полученные для фенантрена синхронные спектры флуоресценции, а на вставке – спектр классической флуоресценции, зарегистрированный при длине волны возбуждения флуоресценции $\lambda_{\text{возб.}} = 250$ нм. Так как дополнительным фактором селективности может быть параметр $\Delta\lambda$, то для каждого из изученных ПАУ экспериментально подбираются такие значения $\Delta\lambda$, при которых наблюдаются наиболее интенсивные и узкие пики.

Изучив предварительно особенности и характеристики синхронных спектров отдельных ПАУ, подобрав для них значения $\Delta\lambda$ и зарегистрировав положение пиков, возможно выявить характерные интенсивные пики данных компонентов уже в их смеси. При этом при одинаковом значении $\Delta\lambda$ выявляются хорошо разрешенные пики разных компонентов.

Для подтверждения данного предположения было проведено сравнительное исследование спектров твердофазной флуоресценции многокомпонентной модельной смеси ПАУ (фенантрен, антрацен, флуорен, пирен), при концентрации компонентов в диапазоне концентраций 10^{-8} М. Регистрировались спектры классической флуоресценции, полученные при длинах волн возбуждения, характерных для представителей данной смеси, а также синхронные спектры с выделением наиболее интенсивных и характерных для индивидуальных ПАУ пиков.

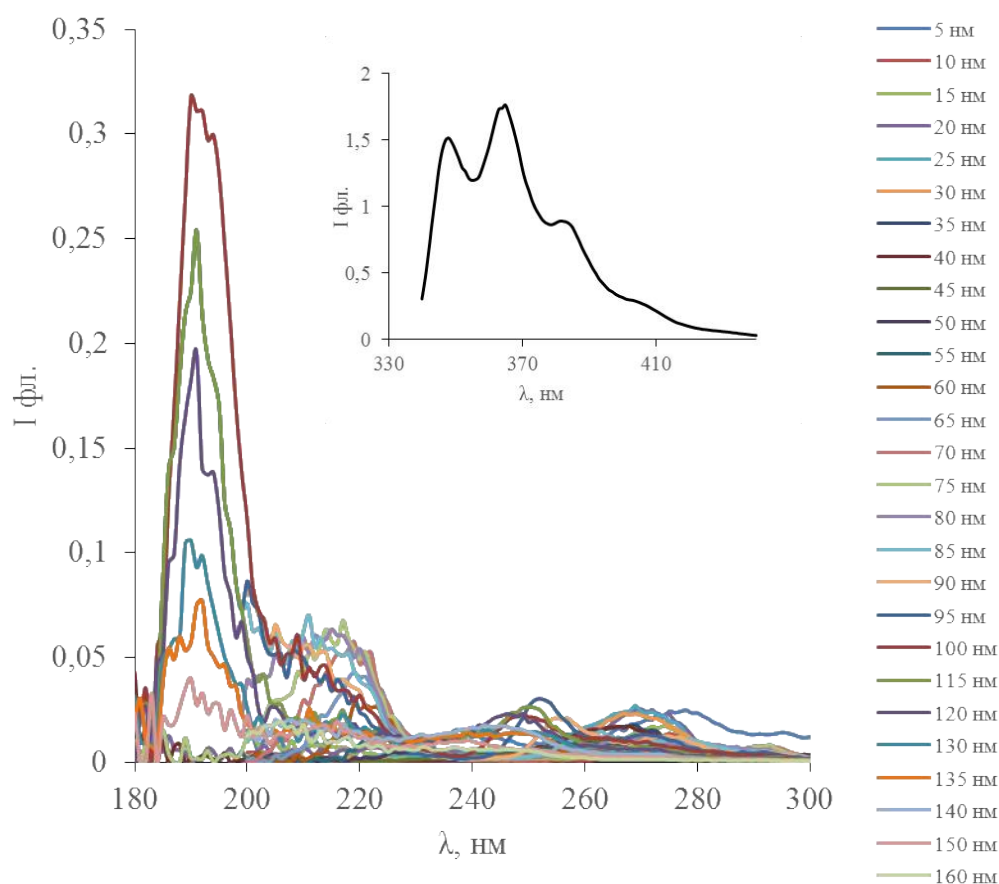


Рис. Синхронные спектры флуоресценции фенантрена в диапазоне $\Delta\lambda$ от 5 до 160 нм, на вставке спектр флуоресценции фенантрена при $\lambda_{\text{возб.}} = 250$ нм

Стоит заметить, что наблюдалось значительное перекрывание спектров классической флуоресценции, что затрудняло идентификацию отдельных ПАУ. В таком случае можно применять различные способы повышения селективности флуоресцентного метода, например, использовать синхронное сканирование спектров возбуждения и флуоресценции с постоянным сдвигом длин волн $\Delta\lambda$.

Анализ синхронных спектров с разным сдвигом $\Delta\lambda$ позволил улучшить избирательность (селективность) флуоресцентного метода определения ПАУ в смеси. При $\Delta\lambda = 50$ нм наблюдалась серия узких пиков, характерных для отдельных представителей ПАУ. При этом важно, что для получения синхронных спектров не требуется особого оборудования, они могут быть получены

на обычных спектрофлуориметрах, в которых предусмотрено одновременное (синхронное) изменение длин волн монохроматоров возбуждения и регистрации спектров флуоресценции [2].

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что применение метода синхронного сканирования с постоянной разницей длин волн возбуждения и регистрации позволяет проводить анализ смеси ПАУ с большей селективностью. Данный метод может быть применен для анализа содержания ПАУ в водных средах при экологическом мониторинге.

Библиографический список

1. Lawal A. T. Polycyclic aromatic hydrocarbons. A review // *Cogent Environmental Science*. 2017. Vol. 3. № 1. No. 1339841. doi: 10.1080/23311843.2017.1339841.
2. Rubio S., Gomez-Hens A., Valcarcel M. Analytical applications of synchronous fluorescence spectroscopy // *Talanta*. 1986. Vol. 33. No. 8. P. 633–640. doi: 10.1016/0039-9140(86)80149-7.
3. Critical approach to synchronous spectrofluorimetry. I / A. Andrade-Eiroa, G. De Armas, J. M. Estela, V. Cerda // *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 2010. Vol. 29. No. 8. P. 885–901. doi: 10.1016/j.trac.2010.04.010.
4. Critical approach to synchronous spectrofluorimetry. II / A. Andrade-Eiroa, G. De Armas, J. M. Estela, V. Cerda // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2010. Vol. 29. No. 8. P. 902–927. doi: 10.1016/j.trac.2010.05.002.
5. Matuszewska A., Czaja M. The Use of Synchronous Fluorescence Technique in Environmental Investigations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Airborne Particulate Matter from an Industrial Region in Poland // *Environmental Emissions*. – IntechOpen. 2020. Available from: doi: 10.5772/intechopen.92402.
6. Sharma H., Jain V. K., Khan Z. H. Identification of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in suspended particulate matter by synchronous fluorescence spectroscopic technique // *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2007. Vol. 68. No. 1. P. 43–49. doi: 10.1016/j.saa.2006.10.054.
7. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbon residues in water by synchronous solid-phase spectrofluorimetry / J. L. Vilchez, M. Del Olmo, R. Avidad, L. F. Capitán-Vallvey // *Analyst*. 1994. Vol. 119. No. 6. P. 1211–1214. doi: 10.1039/AN9941901211.
8. Constant-wavelength synchronous fluorescence spectrometry for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in water samples / R. P. Zhang, Q. L. Yuan, K. H. Chen, L. F. He // *Advanced Materials Research*. 2012. Vol. 490–495. P. 3202–3206. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.490-495.3202.
9. Samokhvalov A. Analysis of various solid samples by synchronous fluorescence spectroscopy and related methods: A review // *Talanta*. 2020. Vol. 216. No. 120944. Available from: doi: 10.1016/j.talanta.2020.120944.
10. Rapid determination of benzo[a]pyrene by membrane enrichment coupled with solid-phase constant-wavelength synchronous fluorescence spectrometry / L. Wang, W. Li, F. Zhang, H. Li, G. Cai, B. Li, G. Qian, Y. Du // *Luminescence*. 2016. Vol. 31. No. 6. P. 1187–1193. doi: 10.1002/bio.3088.
11. Matrix type effect on sorption concentration process and luminescent determination of pyrene / O. A. Plotnikova, A. G. Mel'nikov, E. I. Tikhomirova, A. Zh. Adylova // *Russian Journal of Physical Chemistry B*. 2020. Vol. 14. P. 145–151. doi: 10.1134/S1990793120010261.

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЦЕПТОРНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ДРОЖЖЕЙ *BLASTOBOTRYS ADENINIVORANS* И МЕДИАТОРА НЕЙТРАЛЬНОГО КРАСНОГО ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДЕКСА БИОХИМИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА

А. С. Медведева, В. А. Арлянов, В. Г. Миронов

Тулльский государственный университет,

ilyuhina.nastya@mail.ru, v.a.arlyanov@gmail.com, 71v.m1r0n0v@gmail.com

Разработана биосенсорная система на основе двух компонентов: дрожжей *Blastobotrys adeninivorans* и медиатора нейтрального красного. Данный биосенсор обладает диапазоном определяемых значений БПК₅ от 14,5 до 70 мгО₂/дм³ и может рассматриваться как перспективная система для экспресс-определения индекса биохимического потребления кислорода.

Ключевые слова: медиаторный биосенсор, индекс БПК₅, дрожжи *Blastobotrys adeninivorans*, медиатор нейтральный красный.

Одним из критериев чистоты воды является параметр «биохимическое потребление кислорода» (БПК). Этот критерий свидетельствует о содержании в воде примесей органических веществ, что имеет значение для качества не только пищевой, но и технической воды, в частности, находящей применение в теплоэнергетике при коммунальном теплоснабжении. По определению, БПК является количеством кислорода, израсходованным на аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов, входящих в исследуемую пробу, в течение фиксируемого периода [1]. Стандартный метод определения БПК, регламентированный в международных стандартах ИСО 5815-1:2003 и Российском ПНДФ 14. 1:2:3:4. 123-97, основан на измерении разности содержания растворенного кислорода до и после инкубации при установленных нормативными документами условиях. Основной недостаток методики – длительность анализа (5 суток для БПК₅), что не позволяет оперативно оценить качество очистки сточных вод [2]. Поэтому разрабатываются методы оценки БПК для быстрого и простого анализа, основанные на использовании биосенсорных анализаторов. Для того, чтобы на содержание органических и токсичных соединений, не влияло количество растворенного кислорода в образце, используют биосенсоры медиаторного типа [3]. Принцип функционирования медиаторного биосенсора заключается в том, что в процессе окисления субстратов ферментными системами микроорганизмов распознающего элемента увеличивается концентрация восстановленной формы медиатора, которая в дальнейшем окисляется на электроде при наложении соответствующего потенциала, что вызывает прохождение тока через внешнюю нагрузку.

В связи с этим, целью данной работы является формирование рецепторной системы на основе дрожжей *Blastobotrys adeninivorans* и медиатора нейтрального красного для создания амперометрического биосенсора для экспресс-определения индекса биохимического потребления кислорода.

Электрохимические измерения проводили при помощи гальванопотенциостата «IPC-micro» (ООО НТФ Вольт, Россия), интегрированного с персональным компьютером.

Регистрацию ответов биосенсоров проводили по двухэлектродной схеме. Рабочим электродом служил угольно-пастовый с иммобилизованными дрожжами, электродом сравнения – насыщенный хлорсеребряный. Измерения проводили в калий-натрий фосфатном буфере с pH 6,8. Измерения вели при непрерывном перемешивании раствора с медиатором, находящегося в электролитической ячейке, при помощи магнитной мешалки (300 об./мин). Измеряемым параметром сигнала сенсора явилась амплитуда изменения силы тока (мкА), определяемая как разность между конечным и начальным значениями токов до и после введения исследуемого раствора в измерительную кювету.

В ходе работы был создан медиаторный биосенсор для экспресс-анализа БПК на основе дрожжей *B. adeninivorans* и нейтрального красного. С помощью модельного раствора глюкозо-глутаматной смеси (ГГС) была получена градуировочная зависимость отклика биосенсора от индекса БПК₅ (рис.).

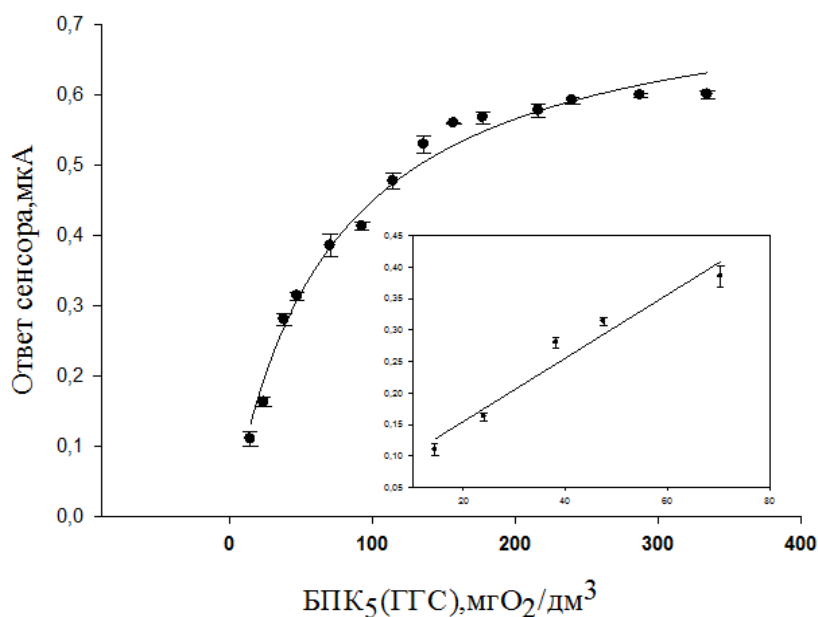


Рис. Зависимость ответа биосенсора от БПК₅ в измеряемой пробе

Представленная на рисунке 1 зависимость отклика сенсора от БПК₅ имела гиперболический вид и была аппроксимированна по уравнению Михаэлиса-Ментен (1):

$$R = \frac{R_{\max} [S]}{K_M + [S]}, \quad (1)$$

где $R_{\max}$ – максимальная скорость ферментативной реакции, достигаемая при $[S] \rightarrow \infty$, K_M – эффективная константа Михаэлиса, т. е. концентрация субстрата, при которой $R = R_{\max}/2$.

Из уравнения 1 следует, что при низких концентрациях субстрата аналитический сигнал будет пропорционален БПК₅, что позволяет выделить линейный участок градуировочной кривой, ограниченный сверху значением K_M . Нижнюю границу линейного участка рассчитывали статистическим методом, исходя из критерия относительного стандартного отклонения результатов измерения ($Sr(C)$) < 0,33.

В таблице представлены основные аналитические и метрологические характеристики медиаторного биосенсора на основе дрожжей *B. adeninivorans* и нейтрального красного.

Таблица

Характеристики разработанного медиаторного биосенсора на основе дрожжей *B. adeninivorans* и нейтрального красного

Показатель	<i>B. adeninivorans</i> / нейтральный красный
Операционная стабильность, %	7,6
Долговременная стабильность, сутки	31
Длительность единичного измерения, мин	4–5
Диапазон определяемых значений БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	14,5–70,0

По данным, приведенным в таблице, можно сделать вывод о том, что разработанный медиаторный биосенсор на основе дрожжей *B. adeninivorans* и нейтрального красного позволил получить стабильный аналитический сигнал, так как относительное стандартное отклонение не превышало 10%. Важно также отметить, что разработанный биосенсор по своим характеристикам не уступает аналогу, так как нижняя граница определения БПК отличается в разы, в разработанном биосенсоре нижняя граница составила 14,5 мгО₂/дм³, а в работе [4] она равна 50 мгО₂/дм³.

Библиографический список

1. Guyard C. BOD 5: a rising parameter // L'Eau, l'industrie, les nuisances. 2010. Vol. 334. P. 51–58.
2. Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review / S. Jouanneau, L. Recoules, M. J. Durand, A. Boukabache, V. Picot, Y. Primault, A. Lakel, M. Sengelin, B. Barrillon, G. Thouand // Water Research. 2014. Vol. 49. P. 62–82.
3. Основы функционирования биосенсоров : учебное пособие для студентов / В. Алферов. Тула : Изд-во Тульского государственного университета, 2011. 206 с.
4. Liu L., Zhang S., Xing L., Huijun Z., Shaojun D. A Co-Immobilized Mediator and Microorganism Mediated Method Combined Pretreatment by TiO₂ Nanotubes Used for BOD Measurement // Talanta. 2012. Vol. 93. P. 314–319. doi: 10.1016/j.talanta.2012.02.039

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМА СРЕДЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОСТРОГО ТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ВОЗДЕЙСТВИЯ БИХРОМАТА КАЛИЯ НА ПРИМЕРЕ РАКООБРАЗНЫХ *DAPHNIA MAGNA STRAUS*

Е. В. Гюльмисарян, Д. М. Гершкович

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
liza.gyulmisaryan@yandex.ru, papirus451@yandex.ru*

В работе определены полуметаллические концентрации ($ЛК_{50}$) референтного токсиканта – бихромата калия за 24 и 48 ч для *Daphnia magna* Straus при различных объемах среды (2 и 10 мл на особь) в серии повторений. Показано сходство показателей острой токсичности при проведении опытов в соответствии с двумя рекомендованными методиками биотестирования с использованием дафний.

Ключевые слова: биотестирование, бихромат калия, *Daphnia magna* Straus.

Тяжелые металлы (ТМ) в настоящее время являются приоритетной группой загрязнителей по объему поступления в экосистемы. Основными источниками загрязнения хромом являются производство сплавов с его участием, использование в качестве добавки для красителей и дубителей кожи [1]. Хром способен образовывать легкорастворимые соединения в естественных условиях, что помогает ему перемещаться в водных системах и депонироваться в донных осадках [2]. Соединения Cr(VI) токсичны для человека: описаны случаи воздействия на кожу – появление язв, отмечено воздействие на почечные каналы и индуцирование раковых заболеваний. Попадание соединений хрома в водные объекты может вызвать изменение физиологических и морфологических показателей гидробионтов, что может повлиять на изменение структуры сообществ [3]. Таким образом, накопление соединений хрома в водной среде и обитающих в ней растений и животных может привести к серьезным экологическим последствиям. Именно поэтому необходимо проводить мониторинг содержания потенциально опасных соединений ТМ с применением наиболее точных и удобных методик биотестирования.

Для оценки токсичности проб природных и сточных вод, опасности химической продукции, установления предельно допустимых концентраций химических соединений в водной среде существуют различные аттестованные и утвержденные методические указания, регламентирующие работу с ракообразными *Daphnia magna* Straus как с тест-организмом. Тем не менее, перечисленные методические указания рекомендуют различные схемы проведения как хронических, так и острых экспериментов. В частности, предлагаются оценки острой токсичности химических соединений в течение 24–48 ч при объеме исследуемой среды 2 мл [4] и 10 мл [5] на одну наблюдаемую

особь. По этой причине целью нашей работы стала оценка сходства показателей острой токсичности бихромата калия ($K_2Cr_2O_7$) для ракообразных в соответствии с двумя стандартными методиками [4, 5]. Бихромат калия рекомендуется в качестве референтного токсиканта во многих методиках, в том числе и в исследуемых.

В качестве объекта исследования были выбраны пресноводные ветвистоусые рачки *D. magna*. Биологические методы оценки токсичности сред с применением дафний широко распространены за счет простоты культивирования данных организмов, быстрой реакции на изменения в водной среде, высокой чувствительности к широкому спектру химических веществ и простоте учета их биологических показателей [6].

Эксперименты проводили в соответствии с указаниями двух методик попарно в серии из 10 повторений. Методические указания различаются рекомендованным объемом среды, в остальном схема проведения опыта идентична. Для работы готовились общие растворы с концентрациями бихромата калия 0,5–2,5 мг/л, которые использовались для постановки опытов согласно обоим методикам. По каждой методике на одну концентрацию приходилось 4 группы, в каждой из которых находилось по 5 особей. По методике [4] дафнии были помещены в сосуды по 10 мл, то есть на одну особь приходилось 2 мл среды. По методике [5] особи находились в сосудах объемом 50 мл, по 10 мл раствора на 1 особь. Опыты проводились в течение 48 ч, подсчет погибших дафний производился через 24 и 48 ч от начала воздействия токсиканта. Для опыта использовали молодь не старше 24 ч, кормление во время проведения исследования не осуществляли.

Оценка острой токсичности бихромата калия для дафний показала следующие значения (рис. 1):

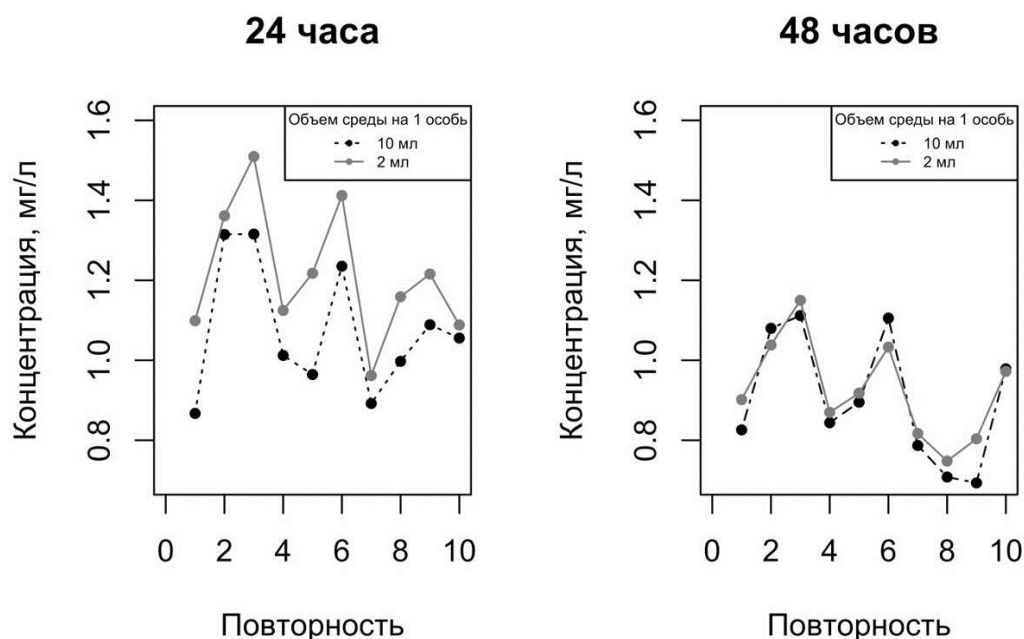


Рис. 1. Значения полулетальных концентраций бихромата калия для *D. magna* за 24 и 48 ч экспозиции

При экспозиции 24 ч дафнии показали сравнительно большую чувствительность к бихромату калия в объеме среды 10 мл на 1 особь. Таким образом, увеличение объема исследуемого раствора и соответственно количества токсического агента, доступного для каждой особи, проявляется в снижении ЛК₅₀. При экспозиции 48 ч нельзя определить, какая методика является более чувствительной, значения полулетальных концентраций становятся очень близкими. Их сближение можно объяснить тем, что увеличение физиологической нагрузки (при 2 мл на 1 особь) к 48 ч наблюдений может компенсировать большее количество токсического агента (при 10 мл на 1 особь).

Значения полулетальных концентраций бихромата калия, определенных в соответствии с обеими методиками, оказались близки. Анализ статистической значимости различий при помощи Т-критерия Уэлча показал следующие результаты (рис. 2):

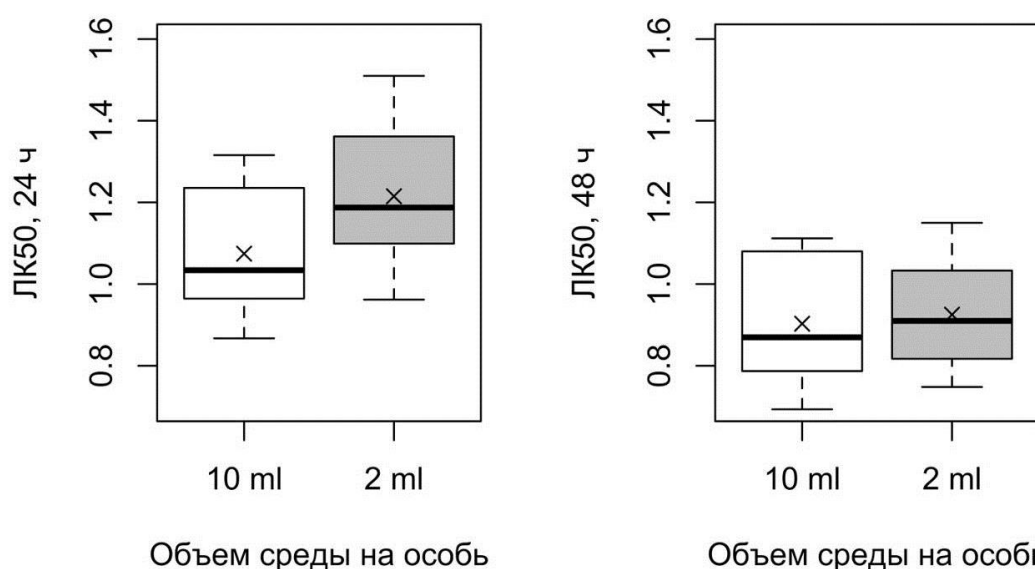


Рис. 2. Усредненные полулетальные концентрации бихромата калия для *D. magna* за 24 и 48 ч экспозиции на основании 10 повторений

По результатам исследования не было выявлено статистически значимых различий ЛК₅₀ для дафний при использовании разных объемов среды. Можно заметить, что при увеличении времени экспозиции средние значения ЛК₅₀ практически не отличаются.

Таким образом, при использовании методик [4, 5], отличающихся рекомендованным объемом среды, значения полулетальных концентраций для бихромата калия оказываются близкими. Кроме того, определенные нами значения ЛК₅₀ за 24 ч во всех случаях соответствовали рекомендованному методическими указаниями диапазону (0,9–2,0 мг/л) чувствительности дафний к бихромату калия. Поэтому можно предположить, что использование метода [4] для различных типов проб будет более удобным, в связи с уменьшением объема отбираемых проб. Для подтверждения этой гипотезы планируется расширение спектра тестируемых соединений.

Библиографический список

1. Титова В. И., Дабахов М. В., Дабахова Е. В. Экотоксикология тяжелых металлов : учебное пособие. Н. Новгород : НГСХА, 2001. 135 с.
2. Филенко О. Ф., Михеева И. В. Основы водной токсикологии. М. : Колос, 2007. 144 с.
3. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Ф. Т. Бингам, М. Коста, Э. Эйхенбергер и др. пер. с англ. / под ред. Х. Зигеля, А. Зигель. М. : Мир, 1993. 368 с.
4. ГОСТ 32536-2013 «Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение острой токсичности для дафний». Стандартинформ, 2014.
5. Приказ Федерального Агентства по Рыболовству от 4 августа 2009 года N 695 «Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
6. Martins J., Olivia Teles L., Vasconcelos V. Assays with *Daphnia magna* and *Danio rerio* as alert systems in aquatic toxicology // Environment International. 2001. Vol. 33. Iss. 3. P. 414–425. doi: 10.1016/j.envint.2006.12.006

ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФОРУМА КАК СРЕДСТВО ВЫРАБОТКИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОМ РЕГИОНЕ

С. Б. Ярусова, Т. С. Вишивкова, Н. В. Иваненко

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,
yarusova_10@mail.ru*

В работе приведена информация по результатам Международного экологического форума «Сохранение биоразнообразия в Азиатско-Тихоокеанском регионе: 50 лет Программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера (МАБ)», организованного на площадке Владивостокского государственного университета экономики и сервиса и проведенного 29 марта–1 апреля 2022 г.

Ключевые слова: экологический форум, охрана окружающей среды, биоразнообразие.

Генеральная Ассамблея ООН объявила о проведении в 2022 г. Международного года фундаментальных наук в интересах устойчивого развития, которое должно стать основой формирования нового типа эколого-экономического роста. Эффективное управление процессами устойчивого развития требует системного подхода, т. е. оптимального сочетания подходов, методов и инструментов управления. При этом многими исследователями отмечается важность диалога граждан, общественных и научно-образовательных организаций по существующим проблемам с местными органами представительной и исполнительной власти и органами местного самоуправления [1, 2].

Именно эффективный диалог представителей научных и образовательных учреждений, государственных, общественных организаций и предпринимательских структур по проблемам сохранения биологического разнообразия и мониторинга состояния окружающей среды в Азиатско-Тихоокеанском регионе и стал основной целью Международного экологического форума «Сохранение биоразнообразия в Азиатско-Тихоокеанском регионе: 50 лет Программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера (МАБ)», организованного на площадке Владивостокского государственного университета экономики и сервиса (ВГУЭС) и проведенного с 29 марта по 1 апреля 2022 г.

Международный экологический форум был приурочен к 50-летию Программы «Человек и биосфера» (МАБ, от англ. The Man and the Biosphere), учрежденной в 1971 г. Это межправительственная научная программа, целью которой является создание научной основы для улучшения отношений между людьми и окружающей их средой, объединяющая естественные и социальные науки с целью улучшения условий жизни людей и защиты природных и управляемых экосистем [3].

Организаторами форума выступили Дальневосточный комитет Комиссии Российской Федерации по делам ЮНЕСКО, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Основные мероприятия форума включали пленарное заседание; секцию «Арсеньев В. К. – исследователь Дальнего Востока»; V экологическую конференцию «Актуальные проблемы экологии Дальнего Востока (памяти профессора Б. В. Преображенского)»; форсайт-сессию по развитию экологического туризма в Приморском крае; XIX Международную молодежную экологическую конференцию-конкурс «Человек и Биосфера».

В рамках форума была организована тематическая книжная выставка и фотовыставка «Человек и Биосфера», а также презентация выпуска журнала «Записки общества изучения Амурского края», посвященного 150-летию В. К. Арсеньева.

Форум стал значимым и масштабным мероприятием не только для Приморского края: в нем приняли участие ученые, крупные специалисты в области экологии, представители общественных экологических организаций, бизнес-структур, природоохранных учреждений и сферы государственного управления из других регионов России, а также из Южной Кореи и Китайской Народной Республики. На форуме не только обсуждались, но и продвигались экономически значимые региональные проекты, которые направлены на формирование экологической ответственности в нашем обществе.

На пленарном заседании и секции «Арсеньев В. К. – исследователь Дальнего Востока» было представлено 22 доклада, посвященные жизни и деятельности знаменитого путешественника, исследователя Дальнего Востока, краеведа, этнографа, писателя Владимира Клавдиевича Арсеньева. В этом году исполняется 150 лет со дня рождения этого выдающегося исследователя

Дальнего Востока, и 2022 г. объявлен годом его имени. В. К. Арсеньев – один из первых русских экологов, ставивший вопросы об охране природы и создании заповедников. Издательство ВГУЭС и Приморское отделение Русского географического общества – Общество изучения Амурского края выпустили юбилейный выпуск журнала «Записки Общества изучения Амурского края» к 150-летию В. К. Арсеньева, где опубликованы статьи о В. К. Арсеньеве, как исследователе и писателе-гуманисте, певце Уссурийской тайги, первом дальневосточном экологе [4–7].

На научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии Дальнего Востока (памяти профессора Б. В. Преображенского)» было представлено 12 докладов по актуальным проблемам экологии. Очень активно обсуждались проблемы сохранения биоразнообразия, лесных ресурсов, проблемы соблюдения природоохранного законодательства, вопросы экологического образования и многие другие.

Следует отметить рост внимания молодежи к проблемам экологии: в конференции-конкурсе «Человек и Биосфера» представили около 50 докладов школьники, учащиеся средней и старшей школы, студенты вузов, аспиранты.

На примере опыта ВГУЭС рассмотрено участие студентов в социально значимых экологических мероприятиях на уровне региона. Студенты туристских и экологических направлений подготовки университета участвуют в совместных эколого-образовательных проектах с особо охраняемыми природными территориями Приморского края. Только в 2017 г. четыре таких проекта по развитию экологического туризма успешно реализованы на территории объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО – национального парка Бикин при активном участии преподавателей и студентов ВГУЭС. В 2019 г. на базе ВГУЭС совместно с администрацией национального парка «Земля леопарда» подготовлена программа развития экологического туризма на территории парка. Сотрудничество университета с Всемирным фондом дикой природы позволило провести ряд значимых для особо охраняемых природных территорий мероприятий таких, как образовательный семинар, который охватил более 20 охраняемых территорий, разработка проекта развития туристско-рекреационной деятельности на территории национального парка «Удэгейская легенда», масштабная передвижная фотовыставка уникальных по красоте мест Дальнего Востока.

На форуме было отмечено, что решение экологических проблем невозможно без открытого и конструктивного диалога между основными структурами общества: властью, населением, учеными, надзорными органами, бизнесом при тесном сотрудничестве со средствами массовой информации.

Таким образом, проведение подобных экологических мероприятий является эффективным инструментом для выработки решений в области охраны окружающей среды, и необходимо их регулярное проведение.

Библиографический список

1. То Кен Сик. Системный подход к исследованию и управлению процессами устойчивого развития общества: монография. Южно-Сахалинск : СахГУ, 2010. 208 с.

2. Реализация целей устойчивого развития: европейский и российский опыт : сборник научных статей по материалам конференции / под ред. Е. В. Викторовой. СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2019. 250 с.

3. Man and the Biosphere (MAB) Programme [Электронный ресурс]. – URL: <https://en.unesco.org/mab> (дата обращения: 31.03.2022).

4. Международный экофорум во ВГУЭС открылся секцией о знаменитом этнографе Владимире Арсеньеве [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vvsu.ru/latest/article/2149595209/Mezhdunarodnyjj_ehkoforum_vo_VGUEhS/ (дата обращения: 01.04.2022).

5. «Работай или умри». Айсберг Арсеньева // «НОВАЯ ГАЗЕТА» во Владивостоке» [Электронный ресурс]. – URL: <https://novayagazeta-vlad.ru/621/istoriya/rabotaj-ili-umri-ajsberg-arseneva.html> (дата обращения: 10.02.2022).

6. Записки Общества изучения Амурского края (К 150-летию В. К. Арсеньева). Владивосток : ПКР ВОО «РГО» – ОИАК : Изд-во ВГУЭС, 2021. Т. XLVII. 252 с.

7. Издательство ВГУЭС выпустило юбилейный номер журнала «Записки Общества изучения Амурского края» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vvsu.ru/latest/article/2149593042/Izdatel_stvo_VGUEhS_vypustilo (дата обращения: 01.04.2022).

ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МЯСНОГО ПРОДУКТА

В. В. Солдатова, Ю. Г. Матвеева

ФГАОУ ВО «НИУ ИТМО»,

matveevajg@mail.ru, soldatova2799@gmail.ru

В статье представлена оценка жизненного цикла мясного продукта «Колбаса Дубки Докторская вареная» компании ООО Комбинат «Дубки». Установлены основные факторы негативного воздействия на окружающую среду в рамках рассматриваемых стадий. Приведена статистика количественных входных и выходных потоков для данного производства и произведены расчеты с использованием методик MIPS calculation и LCAL tools.

Ключевые слова: оценка жизненного цикла, производство мясной продукции, производственная система, воздействие на окружающую среду, MIPS calculation, LCAL tools.

В России за последние годы отмечается тенденция к увеличению спроса на продукцию мясокомбинатов. Из предприятий пищевой промышленности мясная отрасль оказывает наибольшее негативное влияние на окружающую среду. Это происходит в результате поступления в водоемы сточных вод, содержащих загрязнители органического происхождения [1]. Помимо этого, актуальной проблемой мясоперерабатывающих предприятий является охрана атмосферного воздуха. Почти все предприятия мясной промышленности выбрасывают в атмосферу различные газообразные загрязняющие вещества, пыль, пары растворителей, щелочи, уксуса, водород и др. [2].

Для Саратовской области крупным представителем мясной промышленности и природопользователем является ООО «Мясокомбинат Дубки». По

объему производства он входит в тройку лидеров среди Российских мясокомбинатов. Производительность в сутки составляет около 350 т колбасных изделий и мясных деликатесов [3].

Целью настоящей работы является оценка воздействия жизненного цикла колбасной продукции «Колбаса Дубки Докторская вареная» на окружающую среду по принципу выбора границ «cradle-to-gate» – «от колыбели до ворот», что включает стадии процесса «от получения сырья до ворот» предприятия, производящего продукцию. Исходя из полученных результатов, выявить наиболее чувствительные к воздействию природопользователя компоненты окружающей среды и разработать меры снижения негативного воздействия.

Исследование проводилось в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14040-2010. Для визуализации рассматриваемых процессов была составлена общая блок-схема производственной системы с указанием входных и выходных потоков, приведенных к функциональной единице (рис. 1).

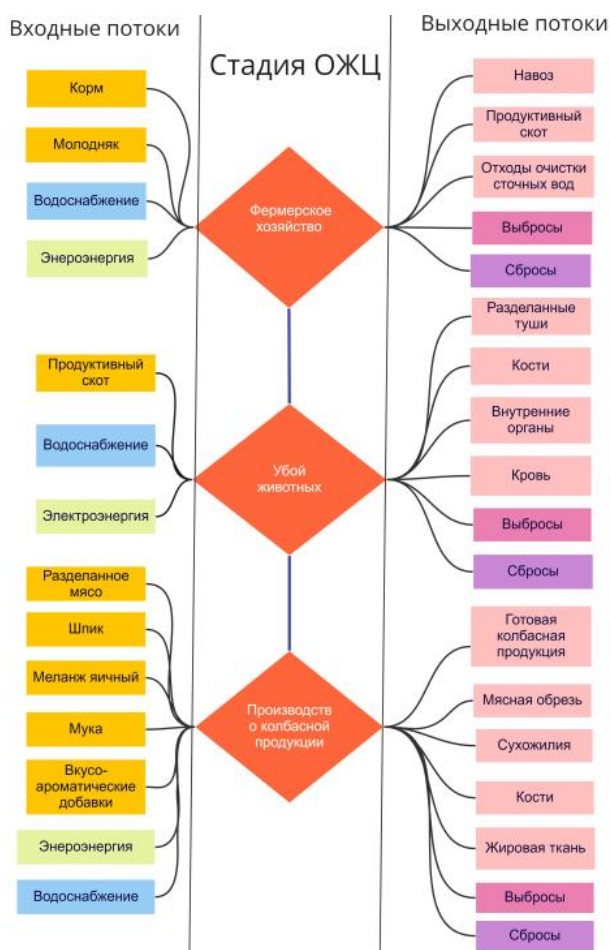


Рис. 1. Блок-схема рассматриваемой производственной системы

Функциональной единицей является партия (260 тыс. кг или 520 тыс. шт.) колбасной продукции вареной колбасы «докторская» с учетом упаковки в батоны весом 0,5 кг. Ниже представлена таблица материальных балансов и

входных/выходных потоков для каждой из трех стадий в рамках рассматриваемого жизненного цикла (табл. 1).

Таблица 1

Входные и выходные потоки производственной системы продукта

Наименование потока	Единица измерения	Количество на ФЕ
Фермерство – стадия ЖЦ 1		
Входные потоки		
Корм	кг	12000000
Молодняк	кг	16000
Вода питьевая, в том числе:	кг	328500
на технологические нужды	кг	61320000
на производственные нужды	кг	
Энергоресурсы	кВт · ч	89680
электроэнергия		
Выходные потоки		
Готовая продукция (продуктивный скот)	кг	240000
Выбросы в атмосферу	кг	13890000
Сточные воды	л	14000000
Отходы - экскременты	кг	12000000
Убой – стадия ЖЦ 2		
Входные потоки		
Продукт (туши)	кг	240000
Электроэнергия	кВт · ч	10500000
Водопотребление	л	36000000
Выходные потоки		
Готовая продукция (мясо разделанное)	кг	168000
Выбросы в атмосферу:	кг	1200
Сточные воды	л	30000000
Отходы	кг	72000
Производство колбасной продукции – стадия ЖЦ 3		
Входные потоки		
Разделанное мясо	кг	168000
Шпик	кг	28000
Меланж яичный	кг	28000
Мука	кг	14000
Вкусоароматические добавки	кг	14000
Энергопотребление	кВт · ч	15427000
Водопотребление	л	44895000
Выходные потоки		
Готовая продукция (колбаса вареная)	кг	260000
Выбросы	кг	4435300
Сбросы	кг	43800000
Отходы	кг	20000

Для обработки использовали актуальные усредненные литературные данные с целью получения совокупности реальных процессов. Не учитывается в цикле производство пряностей, красителей и консервантов, а также яич-

ных продуктов. На стадии производства колбасных изделий учитываются энергозатраты и водопотребление. В соответствии с целью исследования оценки жизненного цикла в расчет не включалось влияние производства и утилизации упаковочных материалов для колбасной продукции.

При расчете показателей по воздействию на окружающую среду (ОС) использовались данные из расчета 800 голов скота, среди которых 75% составляют коровы, а 25% – свиньи. Оценка воздействия входных потоков произведена с помощью MIPS calculation по следующей формуле:

$$\text{MIPS} = \text{MI}/\text{S}, \quad (1)$$

где MI – материальный вход, кг (на ФЕ); S – выпускаемая продукция или услуга (ФЕ).

$$\text{MIPS} = 3\,868\,840\,906/260\,000 = 14\,880 \text{ кг/кг}$$

При расчете выходных потоков использовалась методология LCAL Tools, в качестве коэффициентов воздействия на ОС была взята база данных Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy [4].

Если рассматривать вклад этапов производства в загрязнение ОС по компонентам, то стоит отметить, что больше всего страдают водные ресурсы (в основном из-за производственных процессов при изготовлении колбасных изделий и убойе скота с последующей разделкой туш). Затем идет лесное хозяйство, ущерб которому в основном наносится на этапе разведения сельскохозяйственного скота и при убойе животных (рис. 2).



Рис. 2. Диаграмма вклада в воздействие на окружающую среду каждого этапа жизненного цикла мясного продукта, в кг/кг

При этом требуются наибольшие затраты абиотических ресурсов на производственных этапах: производство колбасы и разделка мяса. Фермерство, в свою очередь, затрачивает наибольшее количество биотических ресурсов, следом за ним идет, в три раза уступая, этап разделки. Водозатратные производственные процессы, они же вносят пропорциональный вклад в загрязнение воздушной среды (на первом месте продукция, затем разделка). Наибольший ущерб сельскохозяйственным и лесохозяйственным землям наносит этап фермерства.

Таблица 2

**Расчет показателя категорий выходных потоков для производства
вареной колбасы**

Наименование входного потока	Количество, г (на ФЕ)	Характеристич. коэффициент, ед. изм.	Значение показателя категории
Образование фотохимического смога (ПФОО)			
Метан CH_4	227000000	0,006	1362000 г-экв. этана
Монооксид углерода CO	4430000000	0,03	1413000 г-экв. этана
Потенциал глобального потепления (ПГП)			
Диоксид углерода CO_2	13616000000	1	13616000000 г-экв. CO_2
Метан CH_4	227000000	21	4767000000 г-экв. CO_2
Потенциал закисления (ПЗ)			
Оксиды азота в пересчете на NO_2	1440000	0,0217	31297 мол. H^+
Диоксид серы SO_2	3800000	0,0312	118638 мол. H^+
Аммиак NH_3	47100000	0,0587	2765707 мол. H^+
Потенциал эвтрофикации (ПЭ)			
Оксиды азота в пересчете на NO_2	1440000	6	8640000 г O_2
Аммиак NH_3	47100000	16	753600000 г O_2
Образование нетоксичных отходов (ПОО)			
Экскременты животных	12 000 000	—	12000000 кг
Отходы разделки туш	72 000	—	72000 кг
Отходы производства колбасной продукции	20 000	—	20000 кг

Хотя загрязнение воздуха не является сферой наибольшего влияния жизненного цикла колбасной продукции, но загрязняющие вещества, выбрасываемые в воздушную среду, вносят значительный вклад в глобальные экологические проблемы.

В качестве решения одной из наиболее значимых проблем мясного производства, мы предлагаем усовершенствовать систему водоочистки на этапе производства колбасной продукции. Для снижения и предотвращения негативного воздействия на водную среду обязательны для включения в систему технологической очистки сточных вод следующие стадии: корректировка pH, механическая очистка, усреднение сточных вод, флотация, биологическая очистка, доочистка, фильтрация, обессоливание, обеззараживание, обезвоживание осадка.

Таким образом, в ходе работы была проведена оценка жизненного цикла вареной колбасы, были выявлены и классифицированы факторы негативного воздействия на окружающую среду, предложены решения по совершенствованию производственных процессов.

Библиографический список

1. Маркитанова Л. И. Мониторинг загрязненности водных систем органическими веществами // Процессы и аппараты пищевых производств. М. : Санкт-Петербургский гос-

ударственный университет низкотемпературных и пищевых технологий Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2006. № 2. С. 8–11.

2. Чекмарева О. В., Ахметгареева Ю. Р. Влияние предприятий пищевой промышленности на состояние окружающей среды (на примере спиртоводочного комбината) [Электронный ресурс] // Университетский 112 комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. Оренбург, 2014. С. 1061–1064.

3. Мясокомбинат Дубки [Электронный ресурс]. – URL: <https://myasokombinaty.ru/company/myasokombinat-dubki> (дата обращения: 20.03.2022).

МЕТОД РЕОПЛЕТИЗМОГРАФИИ ЛЕГКИХ В КОМПЛЕКСНОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В. В. Петраш

Медицинский университет «РЕАВИЗ», spb@reaviz.ru

В статье представлен подход к экологическому мониторингу окружающей среды на основе оценки состояния здоровья населения. На современном этапе в связи с ростом легочной патологии, возникшим как следствие Covid-19, актуальным становится применение методов экспресс-оценки функционального состояния кардио-респираторной системы на стадии диагностики и в динамике лечения. В этом аспекте в статье рассмотрены возможности метода реоплетизмографии легких.

Ключевые слова: реоплетизмография легких, экспресс-оценка, легочная патология, гемодинамика и вентиляция легких.

Количественные характеристики определения токсикантов в биосредах организма (моча, кровь, выдыхаемый воздух и др.) зависят от множества факторов функционального состояния организма, среди которых немаловажное значение имеют параметры легочной вентиляции и гемодинамики [1]. В этом направлении проблема приобрела особое значение в связи с распространением вирусной инфекции Covid-19, когда при заболевании в первую очередь поражается бронхо-легочный аппарат и система кровообращения.

Несомненно, что современные методы компьютерной магниторезонансной и рентгеновской томографии позволяют с большой точностью диагностировать степень поражения легочной ткани и кровеносного сосудистого русла. Тем не менее, это высокотехнологичные методы, которые малоприспособлены для массового обследования населения вследствие их дороговизны. В этой ситуации целесообразно напомнить об особенно активно развиваемом во второй половине XX века методе реоплетизмографии (РПГ). Другие названия данного метода – реография, импедансная плетизмография. Этот метод успешно используется в медицине на основе современных компьютерных технологий обработки информации [2–5]. Для применения РПГ выпускается, в том числе в России, специальная аппаратура, например, реограф-

полианализатор РГПА-6/12 «Реан-Поли» (Таганрог), Реограф «Диамант-Р» (Санкт-Петербург), «Рео-Спектр 3» (Иваново, «Нейрософт») и др.

К сожалению, в медико-физиологической основе большинства указанных аппаратов все еще лежат исследования прошлых лет [6, 7], которые, базируясь на обширном клиническом материале, не имеют достаточной экспериментальной доказательной базы для биофизической и физиологической трактовки результатов формирования показателей РПГ.

Тем не менее, метод РПГ глубоко изучен и эффективно применяется для оценки периферической гемодинамики, и в определенной мере – центральной, исследования же этим методом легочного кровообращения в совокупности с их вентиляцией в специальной литературе крайне мало освещены.

Основное значение для проведения РПГ-исследований легких имеет место расположения электродов реографа на грудной клетке, определяющее распределение зондирующего электрического тока в тканях и органах грудной полости. На рисунке 1 представлены основные применяемые схемы расположения электродов реографа для исследования легочного кровообращения и вентиляции, а пунктиром условно показано распределение зондирующего электрического тока, генерируемого реографом.

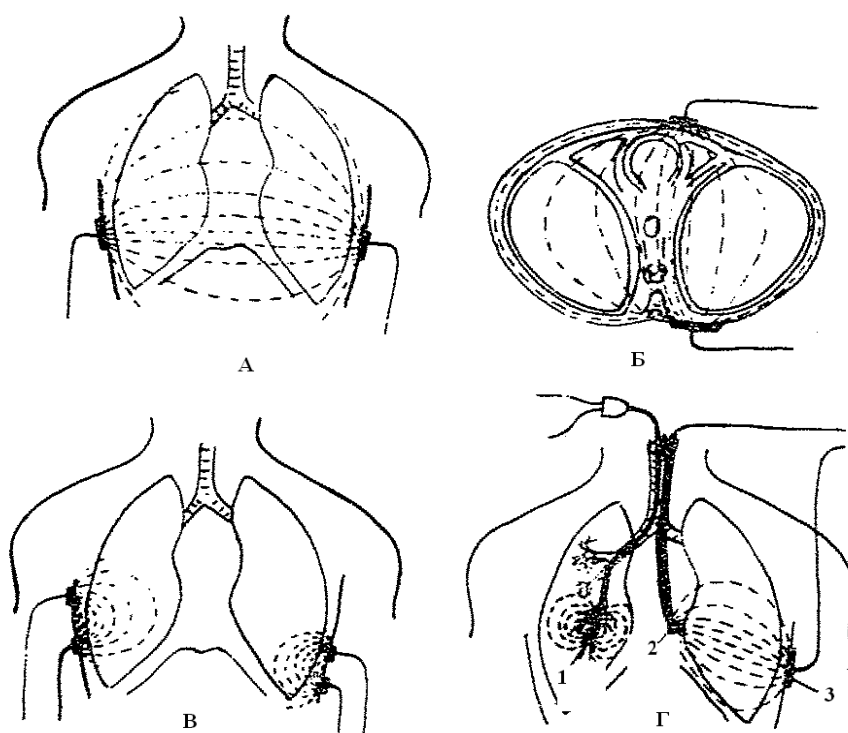


Рис. 1. Схемы расположения электродов при реоплетизмографическом исследовании легких: А и Б – варианты трансторакальных отведений;

В – варианты зональных отведений; Г – методика по [8] – внутрибронхиальные электроды на катетере (1) и методика, сочетающая внутрипищеводный электрод (2) с наружным электродом (3)

Для исследования общей дыхательной функции легких наиболее целесообразно применение схемы (А), а схемы (В) – для исследования локального (зонального) кровотока и вентиляции участков легкого. Следует отметить, что именно схема (В) позволяет дифференцировать кровоток малого круга кровообращения от большого круга. Схема (Б) не позволяет дифференцировать легочную гемодинамику от центральной, схемы (Г) в основном использовались их авторами и не получили широкого распространения в медицинской практике.

Сложность трактовки результатов исследования легочного кровотока и вентиляции при наружном расположении электродов реоплетизмографа на грудной клетке связана с тем, что грудная полость представляет собой сложную гетерогенную систему неоднородных по морфологии и электрическим свойствам органов и тканей.

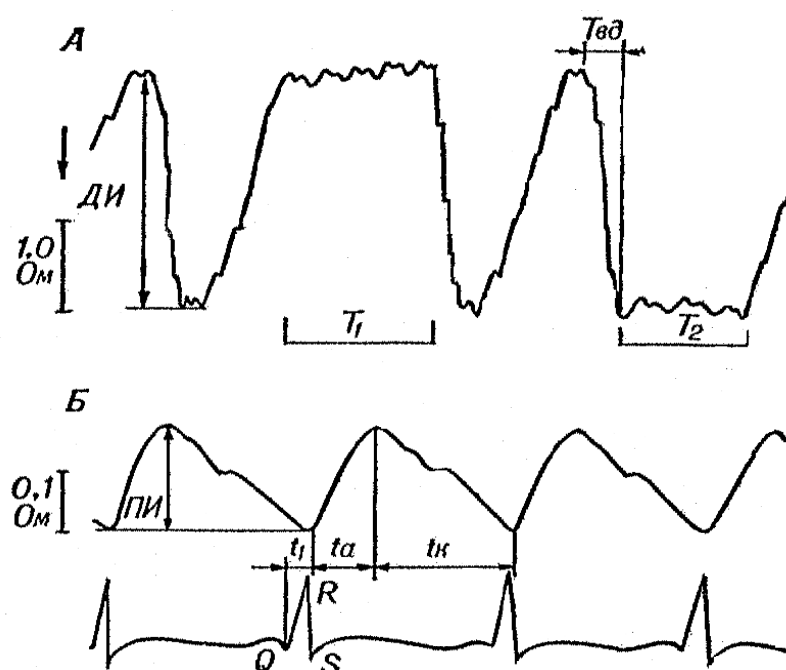


Рис. 2. Комплекс РПГ (норма) [9]: А – комплексная кривая, включающая дыхательные и пульсовые (низкоамплитудные) волны: ДИ – дыхательный индекс – амплитуда дыхательных волн в Ом; T_1 и T_2 – периоды задержки дыхания соответственно на выдохе и вдохе (в эти периоды регистрируются только пульсовые волны); $T_{вд}$ – период вдоха; Б – пульсовые волны РПГ (при большем усилении) с синхронной записью электрокардиограммы (ЭКГ): ПИ – пульсовый индекс (амплитуда пульсовой волны в Ом); t_a – период анакроты; t_k – период катакроты; t_l – период от зубца Q на ЭКГ до начала подъема пульсовой волны РПГ. Стрелка указывает направление увеличения импеданса

Четкое представление о распределении зондирующего электрического тока во внутренних органах грудной полости при РПГ-исследованиях является основополагающим принципом для правильной интерпретации результа-

тов. Именно этот аспект метода, как базовый для его применения, исследован и подробно рассмотрен автором данной статьи в работах [9, 10].

Результаты РПГ, представленные на рисунке 2, характерны для нормального состояния легочного кровообращения и вентиляции. Патологические нарушения физиологически нормального состояния легочного аппарата сразу же отражаются на РПГ в изменении параметров пульсовых и дыхательных волн. Это позволяет вести динамический контроль функционального состояния легких, причем как при спонтанном дыхании, так и в условиях искусственной вентиляции легких (ИВЛ). При этом следует учитывать, что ИВЛ за счет создания положительного внутрилегочного давления меняет гемодинамику и параметры дыхательных волн РПГ [9, 10].

Таким образом, в целом метод РПГ прочно вошел в арсенал функциональной диагностики нарушений системы кровообращения и дыхания, а также кровообращения и морфологии тканей отдельных органов: почек, печени, головного мозга, молочной железы и др.

Поскольку реализация метода не требует дорогостоящей аппаратуры и временных затрат, он может быть с успехом использован в различных аспектах мониторинга здоровья населения, включая биомониторинг состояния окружающей среды.

Библиографический список

1. Луковникова Л. В. Химический и биологический мониторинг – современный подход к оценке риска для здоровья работающих // Химическая безопасность России: медицинские и эколого-гигиенические аспекты : тезисы юбилейной науч. конф., посвящ. 40-летию ФГУП НИИГТП ФМБА России. Волгоград : Панорама, 2011. С. 56–59.
2. Диагностика состояния сердечно-сосудистой системы на основе вейвлет-анализа данных неинвазивных измерений / П. Г. Фрик, С. Ю. Подтаев, А. В. Попов, А. А. Думлер, Р. А. Степанов // Вестник Пермского научного центра УрО РАН. 2010. № 1. С. 9–18.
3. Алферова О. П., Осин А. Я. Показатели реопульмонографии в зависимости от исходного вегетативного тонуса // Фундаментальные исследования. 2011. № 11–2. С. 259–262.
4. Левин А. И. Реография как неинвазивный метод исследования заболеваний сердечно-сосудистой системы человека // Молодой ученый. 2021. № 18 (360). С. 70–73.
5. Bour J., Kellett J. Impedance cardiography: a rapid and cost-effective screening tool for cardiac disease // Eur J Intern Med. 2008. Vol. 19(6). P. 399–405. doi: 10.1016/j.ejim.2007.07.007
6. Pushcarr U. T. Pulmonary, aortic and precordial rheography in heart insufficiency and in patients with pulmonary arterial hypertension // American heart journal. 1961. Vol. 1. P. 34–38.
7. Тищенко М. И. Биофизические и метрологические основы интегральных методов определения ударного объема крови человека : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 1971. 20 с.
- Мажбич Б. И., Иоффе Л. Ц., Замошский М. Е. Клинико-физиологические аспекты регионарной электроплетизмографии легких. Новосибирск : Наука, 1974. 142 с.
10. Петраш В. В. Биофизические и физиологические аспекты формирования реоплетизмограммы груди: экспериментальное исследование : дис. ... канд. биол. наук. Ленинград, 1983. 200 с.
9. Петраш В. В. Реоплетизмография легких. СПб. : Арт-Экспресс, 2019. 104 с. doi: 10.18720/SPBPU/2/z19-1

СЕКЦИЯ 2

ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

ПОДХОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ОПЫТ В ОБРАЩЕНИИ С ПРОМЫШЛЕННЫМИ И БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ

Т. Я. Ашихмина^{1,2}, В. Н. Пугач¹, А. В. Албегова³

¹ Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Министерство охраны окружающей среды Кировской области

В России с 2019 года создается новая отрасль «Обращение с отходами». На полигонах и свалках накоплено более 40 млрд т отходов. В рамках нацпроекта «Чистая страна» с участием Федерального экологического оператора реализуются проекты по рекультивации промышленных и бытовых свалок, создаются производственно-технические комплексы по обработке, утилизации и обезвреживанию промышленных отходов I и II классов опасности. Откорректирована Территориальная схема обращения с отходами в Кировской области, в которую внесены медицинские и биологические отходы, а также ртутьсодержащие отходы в виде ртутных ламп от населения. В 2024 г. в Слободском районе вводится в эксплуатацию комплексный объект по переработке отходов (мощность 200 тыс. т. в год). В рамках развития инфраструктуры в регионе запланировано, до 2027 г. построить 6 мусоросортировочных станций.

Ключевые слова: промышленные и бытовые отходы, переработка, новая продукция из отходов, развитие инфраструктуры.

На сегодня на предприятиях России внедряются различные высокоэффективные технологии, подходы и методы в области сбережения окружающей среды. Особая роль в этом принадлежит новой создаваемой отрасли обращения с отходами. За одну секунду в мире образуется 13 тонн промышленных отходов, за год производится до 400 млн тонн [1]. По данным Управления Росприроднадзора РФ к настоящему времени в нашей стране на свалках и полигонах накопилось более 40 млрд т. отходов. Ежегодно добавляется по 50-60 млн. тонн коммунальных отходов [2]. На предприятиях и полигонах ежегодно накапливается до 350 тыс. т отходов I и II классов опасности и только 1,5% из них перерабатывается [3]. По разным оценкам, от 6 до 30% коммунальных отходов содержат опасные отходы.

По итогам инвентаризации территорий выявлено 340 объектов накопленного вреда окружающей среде, являющихся источником потенциального опасного наследия. На территории страны расположено около 15 тысяч санкционированных объектов размещения отходов, занимающих площадь примерно 4 млн гектаров. Ежегодно из сельхозоборота под складирование отходов выводится 300–400 тыс. га земли [4]. За двадцать лет образование ТКО выросло вдвое. Управление Росприроднадзора связывает рост количества мусора с активным использованием упаковочных материалов: полиэтилена, пластика, бумаги. На среднестатистического россиянина приходится в год около двух кубометров мусора или примерно 400 кг.

Национальный проект «Экология» предусматривает, что к 2024 г. должно перерабатываться 36 % отходов, для этой цели должна быть выстроена система раздельного сбора в масштабах страны и построены заводы по переработке отходов [3].

С 1 марта 2022 г. Росатом запустил новую систему обращения с отходами I и II классов опасности. Федеральный экологический оператор (предприятие Госкорпорации «Росатом») начал работу по обращению с данными отходами [5]. Одним из направлений деятельности Федерального экологического оператора является ликвидация объектов накопленного экологического вреда. Первым в данной череде положительных реализованных примеров ликвидации опасного наследия явилась рекультивация гигантской свалки твердых коммунальных отходов в городе Челябинске, которая была создана в 1949 г. и занимала площадь 74 га. Реализация проекта позволила полностью исключить негативное воздействие городской свалки на окружающую природную среду, полностью прекратить сбросы фильтрата свалки, предотвратить загрязнение подземных вод и почвы [1].

В 2020–2021 гг. ФЭО проведены инженерные изыскания, разработана проектная документация по ликвидации основных объектов накопленного экологического вреда на промышленной площадке бывшего «Усольхимпрома» в Иркутской области. Данный объект представляет собой особую зону экологического бедствия с накопленными за десятилетия деятельности комбината отходами химических производств. К 2024 г. площадку планируется привести в безопасное состояние и создать на ней новое современное производство.

Федеральным экологическим оператором в 2021 г. совместно с Российской академией наук разработан проект рекультивации промплощадки бывшего Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК) с накопленными и оставленными в наследство более 6 млн м³ опасными отходами. На первом этапе работ выполнены первоочередные мероприятия по понижению уровня надшламовых вод в картах накопителях жидких отходов. Данные мероприятия позволили избежать возможной угрозы перелива карт в половодье и попадания загрязняющих веществ в озеро Байкал.

В 2022 г. ФЭО начинает рекультивацию огромного полигона токсичных промышленных отходов «Красный бор» в Ленинградской области, на кото-

рый десятилетиями свозились отходы со всего Советского Союза. Вначале планируется создать на объекте противофильтрационную эшелонированную завесу вокруг полигона для отвода грунтовых вод и предотвращения миграции загрязняющих веществ на соседние территории. Затем планируется начать строительство инфраструктуры для переработки содержимого открытых карт с рекультивацией территории полигона. В безопасное состояние площадка полигона должна быть переведена в 2024 г. [1].

Кроме данных объектов накопленного экологического вреда, объектами деятельности ФЭО стали производственно-технические комплексы по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности, создаваемые в 4-х регионах на базе бывших объектов хранения и уничтожения химического оружия («Горный» в Саратовской, «Щучье» в Курганской, «Мардыковский» в Кировской областях и «Камбарка» в Удмуртии) [5].

Отрасль обращения с отходами с 2019 г. активно развивается в ряде регионов страны, особенно это характерно для Московской области. Здесь строится и в конце 2022 г. начнет действовать крупное предприятие в Подмоскowie завод по переработке пластика, где планируется перерабатывать все основные виды пластика. Из бутылочного пластика ПЭТ будут изготавливать новые бутылки и упаковку для продуктов. Из ПНД-флаконов планируется получать гранулы для изготовления канистр, контейнеров, автомобильных комплектующих, стройматериалов и садового инвентаря. Из пленки и пакетов будут получать гранулы для нового цикла производства пленки, а также для материалов кровли, композитных панелей, крупных литевых изделий и мусорных пакетов. Данный завод станет производственным комплексом полного цикла по утилизации пластика. Причем проектируется он так, что будет расположен рядом с комплексом по сортировке отходов, что позволит объединить сортировку и переработку вторсырья в полноценный цикл, сократит расходы на транспортировку и углеродный след конечной продукции [1].

В январе 2022 г. введен в строй КПО «Нева» в подмосковном Солнечногорске, мощностью 500 тыс. т в год. На сортировке отбирается до 37 компонентов вторсырья. На переработку отправляется до 75% потока отходов: выборка вторсырья на переработку составляет 20%, компостирование органического отсева в техногрунт до 30%, RDF – топливо – до 25% (только не перерабатываемые ТКО). На предприятии впервые применен тоннельный способ компостирования в закрытом здании, что сокращает количество транспорта, разветривание мелких отходов и распространение запаха. Технология предусматривает ускоренное перегнивание органики в техногрунт, который предлагается использовать для строительных и дорожных работ.

Весьма интересный проект предлагается внедрить на ООО «Комбинат» в Свердловской области по производству уличных ограждений из упаковки от чипсов, пакетов молока, бахил и отходов от средств личной гигиены.

На территории южно-федерального округа Региональным оператором – группа Компаний «Чистый город» объединены Ростовская область (четыре зоны), Астраханская область, республики Калмыкия, Адыгея, Краснодарский

край (тризоны) в комплексный стратегический проект по созданию двухуровневой системы экотехнопарков по переработке отходов в готовый продукт. В настоящее время уже действуют объекты обработки отходов мощностью 1,7 млн т отходов в год. К 2025 году эту цифру планируется увеличить до 2,5 млн т. Перерабатываются полимеры, бумага, картон, стекло. Ассортимент продукции широкий от упаковки до основы для производства облицовочных материалов.

Особую опасность, как в хранении, так в переработке и обезвреживании представляют канцерогенные химические отходы, к ним относятся полихлорированные бифенилы. Их произведено: в мире – 1,5 млн т, в России 35 тыс. т. Полное обезвреживание накопленных отходов с полихлорированными бифенилами планируется провести до конца 2028 г. Они содержатся в трансформаторных маслах. На сегодня разработана технология очистки трансформаторных масел от бифенилов. Создана установка «Мелиоформ» – ПХБ 5000, производственная площадка по очистке трансформаторных масел от органических загрязнителей проектируется в г. Красноярске [2].

В г. Набережные Челны создается производство по переработке – полиэтилтерефталатов с получением хлопьев пищевого качества.

По переработке золошлаков (ТЭЦ) на Северной ТЭЦ в Томской области создана установка с получением зольного минерального порошка, полнотелых алюмосиликатных микросфер, угольного концентрата недожоги, концентрата магнитной фракции. Планируется ее тиражирование и в других регионах России.

Очень важной проблемой является переработка химических источников тока, из которых можно получить пластик, алюминий, соединения марганца и цинка, соли содержащие литий, сплавы кобальта и кадмия, железо-никелевый сплав и др. В Дзержинске Нижегородской области к 2025 г. планируется построить экотехнопарк для переработки химических источников тока, включая аккумуляторы электротранспорта [2].

В Пермском крае, Нижнем Новгороде, Республике Марий-Эл и в других регионах построены и создаются заводы по сортировке и переработке отходов.

На заседании комиссии по экологии и природопользованию Общественной Палаты Кировской области 25 января 2022 обсуждался вопрос «О реализации территориальной схемы обращения с отходами» и раздельном сборе мусора на территории региона. В Кировской области Территориальная схема была разработана в 2016 г., после чего претерпела несколько редакций и по результатам общественных обсуждений была утверждена в последней редакции 14.12.2021 г. [6].

В начальной редакции территориальная схема предполагала 518 тыс. тонн отходов в год, но к 2019 г. был налажен более точный учет отходов путем взвешивания на пунктах весового контроля на полигонах, а также установлены новые нормативы образования отходов с учетом реальных плотностей ТКО и суточного заполнения контейнерных емкостей. В результате годовая масса образующихся отходов значительно снизилась и составила около

300 тыс. т., в 2022 г. дополнительно уточнилась и составила 284 тыс. тонн (объем ТКО – 2736 куб.метров).

Основные изменения в территориальной схеме касаются хранения, сбора и утилизации медицинских отходов и биоотходов, объектов обеззараживания и обезвреживания, а также в нее включены ртуть содержащие отходы, прием от населения ртутных ламп.

В территориальной схеме с участием муниципальных образований и АО «Куприт» актуализированы данные по источникам образования:

ранее мест накопления было 18083, сейчас их насчитывается 18555 ед., почти на 500 мест больше. Актуализирована информация по площадкам временного (до 11 месяцев) накопления отходов: ранее было 32, стала 31 площадка.

Скорректированы данные по размещению отходов, до 2021 г. было 19 полигонов, в течение 2021 г. на 4-х полигонах прекращен прием отходов: «Скоково»(Слободской район) с 04.2021, «Лубягино» с 01.01.2022, д. Барановщина у п. Нижнеивкино (Куменский район) с 01.01.2022, в г. Омутнинск с 01.01.2022 г.. С 2022 года – прекращен прием отходов на полигоне г. Уржум.

Возобновил с 01.01.2022 г. прием отходов полигон у д. Осинцы. В территориальной схеме отражен новый полигон в Шабалинском районе, принимающий потоки из 5 муниципальных образований. В настоящее время по нему идет оформление разрешительной документации.

Бытовые отходы в 2022 г. планируется разместить на 16 объектах, потоки с отходами с 4-х закрытых полигонов перераспределены на другие полигоны:

- с полигона «Скоково» перенаправлены на Орловский полигон и у д. Осинцы;

- с «Лубягино» перенаправлены на полигоны у д. Осинцы и в Оричевском районе;

- с г. Омутнинск потоки с отходами перенаправлены в Афанасьевский и Белохолуницкий районы;

- с п. Нижнеивкино поток перенаправлен в Сунской район.

Размещена на сайте регионального Министерства охраны окружающей среды электронная модель территориальной схемы.

Общественные обсуждения территориальной схемы проведены согласно законодательства, некоторые предложения учтены, а на те, что отклонены, дан мотивированный ответ. Проведено согласование с Управлением Росприроднадзора по Кировской области, Управлением Федеральной антимонопольной службы по Кировской области, региональной службы по тарифам обращения с отходами в Кировской области.

В рамках нацпроекта «Экология» получает развитие инфраструктура по переработке отходов. Комплексный объект по переработке отходов запускается в Слободском районе в 2024 г. (мощность 200 тыс. т. в год).

Запланировано строительство 6 мусоросортировочных станций: в 2024 г. в Вятских Полянах, в п. Шабалино, в п. Кикнур; в 2026 г. – в г. Зуевке

и г. Омутнинске; и в 2027 г. в пгт Нолинске, а также строительство новых карт полигонов в Вятских Полянах в 2025 г. и в пгт. Нолинск в 2027 г. К 2029 г. на территории Кировской области должно остаться 7 полигонов. За последние годы в области закрыли 10 полигонов, открыли только 2.

Развитие отрасли обращения с отходами, увеличение мощности, создаваемых предприятий по переработке и утилизации отходов требует от региональных органов власти более тщательного подхода и финансового вложения в разработку проектной документации на создание объектов инфраструктуры. Федеральная поддержка по строительству мусоросортировочных станций и объектов переработки рассматривается и обеспечивается только при наличии в регионе разработанной проектной документации на объекты капитального строительства. Требуется проведение уточнения технических характеристик объектов размещения отходов в Государственном реестре объектов размещения отходов (отмечается не соответствие проектной документации с мощностью размещаемых отходов). Вместимость ряда полигонов исчерпана. Необходимо обследование фактического размещения, что сможет показать реальную картину с целью дальнейшего изменения технических характеристик объектов Государственного реестра объектов размещения отходов. В настоящее время для этих целей разрабатывается на федеральном уровне нормативно-правовой акт, позволяющий вносить изменения в Государственный реестр исходя из фактического заполнения объектов и их остаточной мощности. Если это будет узаконено, то существенно разрешит данную ситуацию.

Таким образом, новая отрасль «Обращение с отходами» как в стране, так и в регионе начинает набирать темпы, но есть еще много нерешенных проблем для ее реализации в рамках выполнения нацпроекта «Экология».

Работа выполнена в рамках комплексной научно-технической программы «Обработка, утилизация и обезвреживание техногенных отходов I и II классов опасности» и государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги».

Библиографический список

1. Журнал «RRR о бережном отношении к экологии». Ассоциация «Чистая страна». Вып. 13. март 2022.
2. Объединяем технологии и опыт в обращении с отходами (буклет). www.rosatom.ru www.rusatomgreenway.ru. 2022.
3. Корольков М. В., Мажуга А. Г. Основы государственной политики Российской Федерации по созданию новой отрасли переработки промышленных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 6–12. doi: 10.25750/1995-4301-2020-4-006-012
4. Ашихмина Т. Я., Албегова А. В. Реализация федерального проекта «Чистая страна» в рамках национального проекта «Экология» на территории Кировской области // Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. Киров : ВятГУ, 2020, С. 26–30.
5. Петрова А. С. Новые условия обращения с отходами I и II классов опасности. Перспективы для бизнеса и государства // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 203–209. doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-203-209

6. Распоряжение министерства охраны окружающей среды Кировской области от 14 декабря 2021 года N 23 Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, на территории Кировской области. Правительство Кировской области. Киров, 2021.

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ОПЫТ УПРАВЛЕНИЯ ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

В. А. Кондаурова

*Воронежский институт экономики и социального управления,
kondaurova75@list.ru*

В статье представлен региональный опыт управления твердыми коммунальными отходами на примере Воронежской области. Определены приоритетные направления в системе сбора, переработки и утилизации отходов в регионе.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы (ТКО), управление отходами, переработка и утилизация отходов, экологические проблемы.

Проблема управления твердыми коммунальными отходами в настоящее время является одной из основных экологических проблем. Основными вопросами в области обращения с твердыми коммунальными отходами на сегодняшний день являются:

- создание саморегулируемых экологических механизмов, препятствующих стихийному возникновению несанкционированных свалок и бесконтрольному вывозу ТКО;

- отдельный сбор и утилизация аккумуляторного лома, ртутных отходов, резины, а также основных компонентов ТКО (бумаги, пластмассовой упаковки, металлических емкостей и дерева).

В сфере обращения с твердыми отходами влияние новых установок – рыночных отношений вызвало в последнее время радикальные изменения. К их числу относятся следующие программы:

- снижения объемов образования ТКО;
- внедрения вторичного использования фракций отходов, обладающих полезными потребительскими свойствами;
- использования соответствующих фракций ТКО в качестве сырья для производственных процессов;
- утилизации энергетического потенциала отходов;
- захоронения остатков ТКО, не обладающих никакими полезными свойствами на полигонах [1].

Эффективное обращение с ТКО должно воплощать принцип устойчивого развития, что обеспечивается включением следующих операций: редукции, вторичного использования, переработки, извлечения энергии, перевода обра-

зующихся остатков в наиболее благоприятную для биосферы форму нахождения, захоронения токсичных остатков.

Современный российский подход к вопросам обращения с ТКО стал близок к зарубежным, хотя имеет свои особенности в силу различия промышленного и социально-культурного развития. В силу сложившейся тяжелой обстановки с ТКО во всех регионах России, в том числе и Воронежской области, и приблизительно одинаковым их качественным и количественным составом необходим единый принцип управления ими.

Основной принцип сокращения объема отходов заключается в том, что большая их часть – это фактически ресурс, предназначенный для утилизации. В составе отходов содержатся ценные компоненты, которые могут быть использованы в качестве вторичных материальных ресурсов, такие как макулатура – 20–40%, пищевые (органические) отходы – 23–32%, стекло – 5–7%, лом черных и цветных металлов – 4–5%, пластические массы – 2–5%, текстиль – 2–3% и др. Кроме того, ТКО крупных городов содержат более 100 наименований токсичных соединений – красители, растворители, лекарства, ртуть и ее соединения, свинец и его соли и др.

Строительство мини-предприятий по переработке ТКО позволяет решить проблему дефицита земельных ресурсов. Сущность данного производства заключается в переработке бытового мусора с извлечением вторичного материала в виде металла, картона, стекла и полимеров. Пищевые отходы прессуются, вывозятся на полигоны и засыпаются землей. Все остальные отходы можно извлекать с помощью магнитов и отправлять на вторичную переработку.

Сопоставляя современный зарубежный и отечественный опыт управления ТКО, можно сделать основной вывод – необходимо создание единой стратегии, объединяющей концепцию воспроизводства природных ресурсов и восстановление гумуса на обширных территориях полигонов ТКО. По экономическим соображениям полная переработка отходов с использованием высоких технологий в России сейчас невозможна. Приоритетным методом обезвреживания ТКО пока останется захоронение на полигонах. Вместе с тем интенсивно будут внедряться методы сепарации и компостирования ТКО.

В то же время для строительства даже высоконагруженного полигона, рассчитанного на ежегодное захоронение 135 тыс. т отходов в течение 20 лет, необходимо отвести не менее 13,5 га земли, а с учетом санитарно-защитной зоны – 500 м – из землепользования изымается 50 га. Поэтому в ряде стран существует ориентация на массовое сжигание городских отходов (преимущественно с использованием мусоросжигательных установок).

Подобная ситуация характерна и для Воронежской области. Среди отходов, вывозимых на полигон ТКО, отходы от жилого сектора составляют около 20%. Если говорить об отходах от эксплуатации автотранспорта (отработанные аккумуляторы, электролит, шины, промасленная ветошь, масляные фильтры и др.), то следует учесть, что в городском округе город Воронеж в личной собственности граждан находится 91% автотранспортных средств.

Конечно, условия эксплуатации частных автомобилей и подвижного состава предприятий, организаций существенно отличаются, но, тем не менее, решающий вклад частного автотранспорта в загрязнение окружающей среды очевиден. Образующиеся на территории городского округа город Воронеж ТКО практически полностью размещаются на полигоне, из них доля утилизируемых компонентов не превышает 3% [2].

Основные мероприятия по минимизированию экологического риска, возникающего при обезвреживании ТКО на полигоне и предотвращению необратимых последствий для окружающей среды, основаны на принципах контроля качества складированных отходов, выборе места расположения полигона и его технологического и технического оформления.

С целью предотвращения загрязнения окружающей среды, вовлечения земельных угодий в хозяйственный оборот необходима рекультивация закрытых свалок ТКО; отсутствие селективного сбора отходов приводит к необходимости в ближайшие 15–20 лет ориентироваться на способы, позволяющие производить сортировку мусора, извлекать ценные компоненты и подготавливать отсортированную часть к сжиганию или биологическому разложению; выбор технологии переработки определяется путем экономического и экологического сравнения различных вариантов, привязанных к конкретным условиям: составу ТКО, возможностям по реализации конечной продукции, ценам на топливо, сырье, территориальным возможностям, экологической чистотой технологий и конечных продуктов и т.п.

С 1993 г. на полигоне ТКО городского округа г. Воронеж захоронено более 14 млн м³ отходов. В 2003 г. под руководством Управления по охране окружающей среды г. Воронежа разработан проект строительства 2-й очереди полигона. Строительство мусоросортировочного комплекса для городского округа г. Воронеж позволит уменьшить количество отходов, следовательно, продлится срок эксплуатации 2-й очереди полигона ТКО. Тем самым решаются две эколого-экономические задачи: уменьшение нагрузки на окружающую среду от размещаемых отходов и значительные объемы отходов возвращаются в хозяйственный оборот, уменьшая потребность в исходном сырье [1].

Переработка ТКО на сегодняшний день рассматривается как одно из важнейших экологических, санитарно-эпидемиологических и социально-экономических задач, что обусловлено постоянным ростом их объема.

Согласно данным регионального оператора ОАО «Экотехнологии» объем принятых от населения и субъектов хозяйственной деятельности городского округа город Воронеж ТКО составил в 2020 г. 3,6 млн куб. м. При этом масса ТКО, направленная на утилизацию – 37976 кг. В течение последних нескольких лет на территории городского округа город Воронеж проводятся мероприятия, направленные на внедрение раздельного сбора отходов. В 2020 г. разработан и реализуется календарный план по экологическому воспитанию и формированию экологической культуры в области обращения с отходами с проведением экологических акций и иных мероприятий.

Утилизацию отработанных элементов питания и ртутьсодержащих ламп на территории городского округа город Воронеж осуществляет ряд организаций, имеющих соответствующие лицензии, выданные Росприроднадзором РФ: ООО «Экологические технологии очистки», ООО «Гринресурс», ООО «Промэкология» и др.

В рамках Муниципальной программы «Охрана окружающей среды» в 2020 г. из 27 образовательных учреждений вывезено и направлено на обезвреживание 15,77 тыс. ламп. С целью увеличения объемов отходов, направленных на переработку и утилизацию, по поручению губернатора Воронежской области А. В. Гусева начаты работы по поэтапному внедрению системы раздельного сбора отходов на территории Воронежской области. В первую очередь была проведена инвентаризация контейнерной инфраструктуры на территории муниципальных образований [2].

В рамках реализации проекта по внедрению раздельного сбора отходов на территории городского округа город Воронеж в 2020 г. приобретено 3626 шт. контейнеров для установки на территории городского округа город Воронеж, обустроено 11 контейнерных площадок, приобретено 911 урн для организации системы раздельного накопления ТКО на центральных улицах города Воронежа. В 2021 г. запланировано проведение работ по обустройству 1032 контейнерных площадок, запланирована закупка 320 урн. Вывоз отходов будет осуществлять региональный оператор по обращению с ТКО – ОАО «Экотехнологии».

В рамках реализации экологического проекта «Зеленый путь» планируется организация доступной для граждан г. Воронежа инфраструктуры сдачи на переработку любых видов компактных элементов питания (батареек) и мелкой бытовой техники и электроники. Контейнеры для сбора батареек объемом накопления 50 л., мелкой бытовой техники объемом 200 л. планируется разместить в административных зданиях управ районов городского округа город Воронеж и крупных торговых центрах. Вывоз и переработка с последующей утилизацией собранных отходов будет осуществляться на безвозмездной основе специализированной организацией ООО «Национальная Экологическая Компания». Также, на территории городского округа город Воронеж функционирует более 25 приемных пунктов по заготовке вторичного сырья (макулатура, текстиль, стеклотара, полиэтилен).

В 2020 г. в рамках мусорной реформы в Воронежской области стартовала программа раздельного сбора отходов. На реализацию этой программы бюджет региона выделил 500 млн рублей. Теперь на мусорных площадках будут устанавливать модернизированные контейнеры для раздельного сбора отходов (РСО). Это будут не привычные металлические баки, а евроконтейнеры. Каждый контейнер должен вывозиться отдельным мусоровозом. На каждой площадке появится по три контейнера разного цвета (для сухих отходов, для мокрых и для пластика).

На первом этапе программа РСО заработает в Воронеже, Нововоронеже и Семилукском районе. А к концу 2023 г. такие площадки появятся во всех

районах области. Кроме того, в 2020 г. в Воронежской области продолжилась борьба с несанкционированными свалками. За год в регионе ликвидировали 90 таких свалок общей площадью более 50 га [2].

Таким образом, в настоящее время преобладающим способом переработки ТКО остается захоронение на специальных полигонах. В среднем по ведущим странам мира этот способ составляет более 58%, в СНГ – около 97%.

Основными недостатками метода захоронения являются: необходимость в использовании больших площадей под полигоны, безвозвратная потеря ценных компонентов ТКО, отрицательное влияние на окружающую среду, поиск новых полигонов приводит к значительному увеличению расстояния вывоза отходов.

Библиографический список

1. Ступин В. И., Агеев В. В. Проблема обращения с производственно-бытовыми отходами на территории Воронежской области. Воронеж : Воронежский гос. ун-т, 2016. 83 с.
2. Доклад о природоохранной деятельности городского округа город Воронеж в 2020 году // Управление экологии администрации городского округа город Воронеж / под ред. Г. Л. Воробьевой. Воронеж, 2021. 52 с.

КВАРТАЛ КАК ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ В ГОРОДЕ КИРОВЕ

Т. А. Мусихина, Е. А. Пинаева

*Вятский государственный университет,
usr04011@vyatsu.ru, stud097441@vyatsu.ru*

Создание и совершенствование системы сбора и вывоза твердых коммунальных отходов (ТКО) по сей день остается актуальной для города Кирова. В кварталах города, где наряду с жильем расположено большое количество объектов социнфраструктуры, наблюдается проблема совместного использования контейнерных площадок для сбора ТКО. В работе уточнены данные исследований 2020 г. и выявлено, что в квартале 308 г. Кирова субъекты малого и среднего предпринимательства неправомерно приравнены к населению и во многом некорректно используют контейнерные площадки ТКО, размещая отходы, требующие утилизации, в том числе, крупногабаритные.

Ключевые слова: городской квартал, твердые коммунальные отходы, контейнерные площадки, мусор.

Разделение городской территории на отдельные составляющие производится с целью создания структурной основы, правильной организации процессов жизнедеятельности города, где одной из важнейших задач является оценка жилых (селитебных) районов с точки зрения наилучших показателей качества окружающей среды. [1] Теоретически селитебная зона (зона рассе-

ления населения) – это территориальное пространство, предназначенное для реализации бытовых функций населения. В ней размещаются жилищный фонд, общественные здания и сооружения, а также отдельные коммунальные и промышленные объекты, не требующие устройства санитарно-защитных зон (СЗЗ). Экологическое районирование селитебных зон с выделением в качестве таксономических единиц микрорайонов и кварталов с учетом опыта проведенных ранее работ [2] представляется наиболее целесообразным. При этом учет и оценка такого показателя, как организация системы сбора ТКО в квартале, является важным для экологического районирования.

В работе исследован квартал 308 г. Кирова с границами улиц Карла Маркса, Герцена, Спасской и Володарского в контексте характеристики источников образования и организации мест сбора и накопления ТКО.

Методы исследования – визуальный осмотр и фоторегистрация.

Исследование территории микрорайона показало, что в микрорайоне расположены:

- 14 жилых домов, подавляющее большинство из которых можно отнести к жилью, где на значительной площади проживает небольшое количество населения;

- более 35 субъектов инфраструктуры, среди которых: 4 объекта торговли (продовольственный, цветочный, сувенирный и строительный магазины), кафе, частный детский сад, кукольный театр, музей, пекарня, 2 отделения банка, 2 отдельных офисных здания, образовательные, медицинские и социальные учреждения, офисные помещения, расположенные на первых этажах жилых домов.

Для сбора ТКО в микрорайоне расположено 5 контейнерных площадок с общим количеством обычных пластиковых контейнеров – 9 шт. Результаты сравнения фактического использования контейнеров и данных Реестра мест (площадок) накопления твердых коммунальных отходов на территории МО «Город Киров» представлен в таблице.

Согласно исследованиям и данным таблицы [3], на территории микрорайона существует только две контейнерные площадки (по 1 бачку), которые соответствуют официальному реестру и используются только объектами социнфраструктуры. Остальными площадками (7 бачков) пользуются совместно жители и 34 объекта социнфраструктуры. При этом необходимо отметить, что внесенные в официальный реестр контейнерные площадки не в полной мере соответствуют фактическим данным по принадлежности и адресам расположения.

Сравнение данных по фактическому использованию контейнерных площадок с данными реестра [3]

№	Адрес площадки (реестр)	Фактические данные по использованию	Данные официального реестра
1.	К.Маркса, 80 3 бачка	<i>Жильцы домов:</i> Герцена 25а, 33, 35а, 37, К. Маркса 80 <i>Субъекты инфраструктуры:</i> на К. Маркса, 80: магазины: продовольственный, цветочный, сувенирный Кафе-пекарня «Зерно», отделение банка на Герцена, 37: Центр «Томатис» Нотариальная контора, Учебный центр ПАО Сбербанк	Товарищество собственников жилья «Согласие-1», г. Киров, ул. Герцена, д. 37
		Круглосуточное интернет-кафе на К. Маркса, 78 ПОУ «Вятский колледж управления и новых технологий»	
2.	Спасская, 22 1 бачек	КОГАУК «Кировский театр кукол им. А. Н. Афанасьева», Киров, ул. Спасская, 22	КОГАУК «Кировский театр кукол им. А. Н. Афанасьева», Киров, ул. Спасская, 22
3	Герцена 25а 1 бачек	<i>Жильцы домов:</i> Володарского, 117а <i>Субъекты инфраструктуры:</i> Частный детский сад – Володарского, 115, детские развивающие центры.	Товарищество собственников жилья «Володарского, 117а»
4	Спасская, 26 б 1 бачек	<i>Жильцы домов:</i> К. Маркса, 80, Спасская 24–80 <i>Субъекты инфраструктуры:</i> на К. Маркса, 74 Правление ВОИ, 3 офиса Спасская, 26б 3 медицинских учреждения К. Маркса, 76: 3-х этажное офисное здание К. Маркса, 80 МКУ «Центр психолого-педагогической, медицинской и социальной помощи»	КОГАУ «Редакция газеты «Кировская правда», Киров, Спасская улица, 47

В обычном режиме визуальный осмотр квартала в контексте расположения, обслуживания и эколого-эстетического внешнего вида контейнерных площадок показал относительное благополучие. При этом можно предположить, что это благополучие достигается так называемым «недобором» объемов ТКО от населения, поскольку жилье в исследуемом микрорайоне можно

отнести к классу элитного с небольшим количеством проживающих, чем активно пользуются субъекты инфраструктуры, вероятно, занижая данные учета образующихся при их деятельности ТКО.

Однако, так называемый «Мусорный коллапс» начала 2021 г. способствовал выявлению структуры и объема отходов от некоторых объектов социнфраструктуры [3]. Так, например, продовольственный магазин по адресу К. Маркса, 80 «Пятерочка» и магазин цветов «Флорист 43» регулярно складировуют в контейнеры и рядом с ними большое количество ТКО, в том числе видов отходов, запрещенных к вывозу на полигоны субъектами экономики и требующих передачи на переработку. Приведенные факты подтверждаются фоторегистрацией.

Относительно экономических аспектов исследуемой проблемы следует отметить, что большинство населения квартала 308 регулярно оплачивает образующийся мусор по завышенным тарифам, привязанным к площади жилья. Субъекты же социнфраструктуры квартала бесконтрольно складировуют в контейнерные площадки жилых домов образующиеся в процессе их деятельности ТКО. При этом, согласно экологическому законодательству, они должны вести учет образующихся ТКО и подавать соответствующие декларации. Исключение составляет КОГАУК «Кировский театр кукол имени А. Н. Афанасьева» и палеонтологический музей, которые имеют собственную контейнерную площадку.

Таким образом, в работе показано, что использование кварталов города в качестве территориальной единицы для оценки системы обращения с ТКО представляется целесообразным.

В результате исследования также выявлено, что:

1) на территории квартала 308 внутри улиц Карла Маркса, Герцена, Спасской и Володарского отсутствует отдельный сбор ТКО, а фактическое использование контейнерных площадок не соответствует данным официального сайта администрации города Кирова;

2) на территории квартала имеется взаимосвязь источников образования ТКО (населения и объектов социнфраструктуры, относящихся к малому и среднему бизнесу) относительно совместного сбора ТКО, при этом население для складирования ТКО так или иначе прикреплено к определенным контейнерным площадкам, указанным в городском реестре, а у субъектов малого и среднего бизнеса нет четкого понимания по использованию конкретной контейнерной площадки. Это порождает безответственное отношение к сбору ТКО собственников объектов социнфраструктуры, выявляет элементы их недобросовестности по оплате обращения с ТКО и неправомерное складирование в контейнеры запрещенных к захоронению отходов;

3) требуется организация контроля за субъектами социнфраструктуры квартала в части проверки достоверности подаваемых деклараций и учета образующихся ТКО путем сравнения их заявленных допустимых и фактических объемов.

Библиографический список

1. Струман В. И. Экологическое картографирование : учебное пособие. М. : Аспект Пресс, 2003. 251 с.
2. Особенности разработки компьютерной модели экологического паспорта микрорайона «Квартал 119» Т. А. / Мусихина, В. Ю. Мельцов, И. А. Родыгин, О. О. Ходырева // Advanced science. 2019. № 4(15). С. 56–60. doi: 10.25730/VSU.0536.19.046
3. Мусихина Т. А., Пинаева Е. А., Зыкина Ю. Н. Исследование системы сбора твердых коммунальных отходов в отдельном микрорайоне г. Кирова // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров : ВятГУ, 2021. С. 361–363.

О ПРАВОВЫХ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ПРОБЛЕМАХ ВНЕДРЕНИЯ РАЗДЕЛЬНОГО НАКОПЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Т. Н. Плато

*ГБУ РК «Республиканский центр обеспечения функционирования
особо охраняемых природных территорий и природопользования»,
t.plato@mail.ru*

В статье представлены основные правовые и организационные проблемы внедрения раздельного накопления твердых коммунальных отходов, а также предложения для их решения и повышения эффективности реализации новой системы обращения с отходами в Российской Федерации.

Ключевые слова: отходы, раздельное накопление.

В начале 2019 г. в России стартовала реформа системы обращения с твердыми коммунальными отходами. Ее необходимость назрела, поскольку 90% бытовых отходов в России размещается на полигонах, и каждый год их количество и размеры увеличиваются.

Согласно п. 2. в) Указа Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» целевыми показателями системы обращения с отходами являются «создание устойчивой системы обращения с твердыми коммунальными отходами (далее – ТКО), обеспечивающей сортировку отходов в объеме 100 процентов и снижение объема отходов, направляемых на полигоны, в два раза» [1]. Система обращения с отходами в Российской Федерации основывается на Федеральном Законе № 89 «Об отходах производства и потребления» (далее – ФЗ № 89) [2].

На сегодняшний день в системе обращения с отходами производства и потребления в России существует ряд организационно-правовых проблем, требующих решения.

Одной из таких проблем является отсутствие разграничений между понятиями «отходы от использования товаров» (далее – ОИТ) и «раздельно накопленные отходы, выделенные из ТКО».

Согласно ФЗ № 89 ОИТ могут быть частью ТКО, если накапливаемые на контейнерной площадке отходы – смешанные. Но в то же время ОИТ могут не являться ТКО, т.е. могут быть выделены из ТКО, если они собраны раздельно. В этом случае правила по размещению на контейнерной площадке могут на них не действовать. В этом случае необходимо введение в федеральное законодательство нового понятия «раздельно накопленные отходы, выделенные из ТКО» и формирование правил по обращению с ними.

Разграничение в данных понятиях очень важно, от этого зависит порядок и правила организации раздельного накопления отходов (далее – РНО). Здесь существует следующая проблема: организация содержания контейнерных площадок, в том числе для РНО.

Ряд поправок, внесенных в законодательство, устанавливает приоритет раздельного накопления и вовлечения отходов в хозяйственный оборот в качестве вторичных ресурсов над их прямым захоронением на полигонах. В то же время раздельное накопление не закреплено как обязательное, и выбор в его пользу остается на усмотрение субъектов Российской Федерации.

Накопление отходов может осуществляться путем их раздельного складирования по видам отходов, группам отходов, группам однородных отходов. Система раздельного накопления отходов позволяет увеличить долю вторичной переработки и сократить объемы захоронения отходов на полигонах.

Следующая проблема – отсутствие инфраструктуры по сбору и захоронению ТКО, соответствующей нормативным требованиям. В связи с этим большая часть отходов на сегодняшний день отправляется на открытые полигоны и свалки, не оборудованные средствами специальной защиты почв, вод и прилегающих территорий от загрязнения. Современный и надежный контейнерный парк, позволяющий собирать ТКО, является наряду с мусороуборочной техникой основой для эффективного сбора и транспортировки ТКО к местам их дальнейшей обработки (сортировки, утилизации).

Основными документами, контролирующими организацию работы по обращению с отходами (в том числе их раздельного накопления) в субъекте, являются территориальная схема обращения с отходами и региональная программа. От актуальности и проработанности указанных документов зависит в том числе успешность внедрения новой системы обращения с отходами.

На территориях муниципальных образований в соответствии с санитарными правилами содержания территорий муниципальных образований СанПиН 2.1.3684-21 должны быть обустроены контейнерные площадки – места накопления ТКО (в том числе РНО), которые независимо от видов мусоросборников должны иметь подъездной путь, водонепроницаемое покрытие с уклоном для отведения талых и дождевых сточных вод, а также ограждение, обеспечивающее предупреждение распространения отходов за пределы контейнерной площадки [3].

Накопление ТКО следует осуществлять в контейнеры, расположенные в мусороприемных камерах, в контейнеры (в т.ч. с цветовой индикацией для раздельного накопления отходов) и бункеры, расположенные на контейнерных площадках, а также в пакеты или другие емкости, предоставленные Регоператором.

Обустройством мест накопления ТКО – контейнерных площадок – должен заниматься собственник земельного участка, на котором такая площадка расположена. В большинстве случаев – это муниципалитет.

Содержать контейнерные площадки и территории, прилегающие к месту погрузки мусора, также должен собственник земельного участка. Если речь идет о площадке во дворе многоквартирного дома, то, как правило, собственники помещений в доме поручают это управляющей компании (ТСЖ). Именно организация, управляющая многоквартирным домом, в этом случае отвечает за чистоту на контейнерной площадке. В случае, когда ответственность за содержание и обслуживание контейнерной площадки не определена, возникают санитарные проблемы на придомовой территории, а также падает эффективность РНО.

В полномочия органов муниципального самоуправления также входит определение схемы размещения мест накопления ТКО и ведение их реестра, организация экологического воспитания.

Иногда в связи с прошлыми проектными решениями обустройства территории населенного пункта невозможно обустроить контейнерную площадку, соответствующую настоящим санитарным нормам. И это является проблемой создания эффективной системы обращения с отходами.

Раздельное накопление ТКО организуют операторы по обращению с ТКО, Региональный оператор (далее – Регоператор), органы местного самоуправления. Раздельное накопление ТКО осуществляется при наличии на контейнерной площадке контейнеров с цветовой индикацией, соответствующей разным видам отходов. Индикация утверждается субъектом Российской Федерации, что тоже на сегодняшний день является проблемой.

Сортировкой и дальнейшей утилизацией раздельно накопленных отходов должны заниматься операторы по обращению с отходами. Они должны заключить договор с Регоператором, а их деятельность должна быть прозрачной.

В регионах России, в том числе в Республике Коми, в течение многих лет существуют компании, которые занимаются сортировкой и переработкой отходов. Но есть ряд причин, по которым эти компании не заключают договор с Регоператором и входят в территориальную схему.

Во-первых, качество накопленных отходов не соответствует критериям для переработки. Вывоз отходов из труднодоступных районов превышает прибыль от продажи продуктов, созданных в результате переработки. Здесь важным элементом является хорошо проработанная система экологического просвещения в области обращения с отходами, которая поможет повысить качество раздельно накопленных отходов и увеличить количество качествен-

ного вторсырья, направляемого на переработку. Данная деятельность также входит в обязанности Регоператора.

Во-вторых, привлечению операторов по обращению с отходами препятствует отчетность перед Регоператором, финансовая прозрачность и отсутствие государственной поддержки.

Кроме того, Регоператор – компания, ответственная за весь цикл обращения с отходами. Он занимается сбором, транспортировкой, обработкой, утилизацией, обезвреживанием, захоронением ТКО и делает это не самостоятельно, а через операторов по обращению с ТКО. Услуги Регоператора оплачивает собственник ТКО.

Зачастую в зоне ответственности Регоператора находится вся территория субъекта, и он не имеет ни конкуренции, ни стимула к внедрению РНО и к их переработке. Это связано с тем, что доход компаний напрямую зависит от объемов смешанных ТКО, которые вывозят и отправляют на сортировку.

В результате этого, в регионах растет количество полигонов захоронения ТКО и объектов по сжиганию, вместо перерабатывающих комплексов, что приводит к ухудшению состояния окружающей среды.

Несмотря на отсутствие желания у Регоператора в Республике Коми внедрять РНО и создавать устойчивую систему обращения с отходами, в регионе все же имеется опыт организации РНО: уже с 2016 года в некоторых населенных пунктах установлены синие и желтые контейнеры для чистых отходов макулатуры и пластика соответственно. Все накопленные отходы вывозились предприятиями-переработчиками. Работа по оснащению контейнерами ведется до сих пор, но сегодня инфраструктура РНО обеспечена всего на 6 %, это крайне низкий показатель.

В 2020 г. членами научно-экспертной группы по вопросам, связанным с реализацией в Республике Коми нацпроекта «Экология», в г. Сыктывкаре был запущен эксперимент по отработке нормативных и организационных механизмов внедрения раздельного накопления отходов и оплаты граждан за предоставление коммунальной услуги по образованию ТКО по фактическому объему [4]. Координатором эксперимента стало Региональное отделение общероссийской общественной организации по охране и защите природных ресурсов «Российское экологическое общество» в Республике Коми.

Основной задачей эксперимента является переход населения республики на двухкомпонентную систему сбора ТКО для извлечения полезных фракций, которые в результате отправятся предприятиям-переработчикам. т. е. в 2 контейнера: контейнер для сухих отходов и контейнер для смешанных отходов.

В контейнер для смешанных отходов накапливаются отходы, которые не являются вторсырьем и не подлежат переработке: пищевые отходы, загрязненная продуктами питания упаковка, масляные емкости, средства личной гигиены и прочее. Контейнер для сухих отходов предназначен для вторсырья: не загрязненных макулатуры, пластика, стекла, металла.

Вывоз собранного в контейнерах вторичного сырья осуществляется отдельными мусоровозами: сухие отходы – на сортировочный комплекс, после чего полезные компоненты отправляются на специализированные предприятия по производству различных товаров из вторсырья; смешанные отходы отправляются на захоронение на полигон.

Такой подход к раздельному сбору был выбран для минимизации транспортных расходов на вывоз отходов. В рамках эксперимента у участников появилась возможность снижения платы, т.е. граждане будут платить за вывоз отходов не по нормативу, а за объем вывезенных смешанных отходов. Отходы, подлежащие переработке, отправляются к организациям заготовителям в рамках договора, заключенного между последними и Регоператором. Плата за вывоз перерабатываемых отходов не будет включена в плату за вывоз ТКО.

На данный момент в эксперименте участвуют 2 товарищества собственников жилья (ТСЖ) в г. Сыктывкаре. Ответственность Регионального оператора заключается в установке контейнеров для раздельного накопления отходов и вывозе отходов в соответствии санитарными нормами.

В дополнение к вышесказанному, отмечу что раздельное накопление отходов является также составной частью экономики замкнутого цикла, к которой стремится наше государство. Именно при создании такой экономики объемы используемых природных ресурсов и размещаемых на полигонах отходов сократятся, а состояние окружающей среды в целом улучшится.

Поэтому в целях повышения эффективности внедрения РНО необходимо:

1. Внести в законодательство в области обращения с отходами понятие «раздельно накопленные отходы, выделенные из ТКО» и правила обращения с такими отходами. Это позволит расширить возможности внедрения РНО в тех местах, где невозможно обустроить контейнерную площадку в соответствии с санитарными нормами.

2. В основном концептуальном документе в области обращения с отходами в регионе – Территориальной схеме обращения с отходами в каждом регионе в обязательном порядке в виде практических мероприятий и способов их финансирования должны быть отражены принципы экономики замкнутого цикла и цели национального проекта «Экология», в том числе минимизация количества отходов, направляемых на захоронение, и максимальное использование ресурсного потенциала отходов. Это будет способствовать достижению целей национального проекта «Экология» и снижения негативного воздействия объектов размещения отходов на окружающую среду за счет переработки вторичного сырья.

3. Разработать меры государственной поддержки и стимулирования деятельности компаний по сортировке и переработке вторсырья, для создания условий взаимодействия этих компаний с Регоператором и включения их в Территориальную схему.

4. Разработать меры информационной поддержки официальных региональных информационных источников и материальной поддержки из регио-

нального бюджета или бюджета Регоператора общественных инициатив, связанных с внедрением системы РНО, экологическим просвещением населения по вопросам РНО и ответственного потребления. Это повысит эффективность внедрения системы РНО и качество направляемых на переработку отходов.

Библиографический список

1. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».
2. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ.
3. Постановление главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».
4. В Госсовете Коми озвучили рекомендации, как изменить территориальную схему обращения с отходами [Электронный ресурс]. – URL: <http://gsrk.rkomi.ru/dictionaries/-novosti-9/6920> (дата обращения: 20.03.2022).

АНАЛИЗ ОБЪЕМОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛЕЗНОГО КОМПОНЕНТА В СОСТАВЕ ОТХОДОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СТУДЕНЧЕСКОГО ОБЩЕЖИТИЯ

Л. Н. Мещерякова, А. В. Холоденко

Волгоградский государственный университет, epb-191_725188@volsu.ru

В статье представлены результаты эксперимента по учету объема образующихся отходов с возможностью выделения полезного компонента в объеме образования отходов двух человек длительностью 1 год (с сентября 2020 по август 2021 гг.) в условиях проживания в студенческом общежитии Волгоградского государственного университета. Выявлены основные тенденции и особенности.

Ключевые слова: раздельное накопление отходов, полезный компонент, вторсырье, пластик, общежитие.

Отходы занимают не малое место не только в жизни людей, но и на полигонах, а объемы их образования только увеличиваются. Выделение отдельных фракций вторсырья позволит решить сразу несколько проблем: снизить объемы образующихся твердых коммунальных отходов (далее – ТКО), что приведет к уменьшению площадных территорий полигонов захоронения; уменьшить загрязнение компонентов окружающей среды; уменьшить расход природных ресурсов, за счет вовлечения в производственные циклы вторичного сырья; поддержать мусороперерабатывающую отрасль. Целью данного

эксперимента является иллюстрация индивидуального подхода к реализации концепции раздельного накопления отходов, а также анализ выделенных полезных компонентов.

В течении одного месяца (сентябрь 2020 г.) был проведен опыт минимизации образующихся отходов путем покупки товаров без упаковки, в многоразовую тару, отказа от покупки товаров в пластиковой упаковке. Образующиеся органические отходы (≈ 2 кг) собирались отдельно, хранились в холодильнике и компостировались после накопления определенного объема. Накопленный за месяц минимального потребления объем не перерабатываемых отходов составил около 0,5 кг (сложная упаковка, луковая шелуха, предметы гигиены, волосы и т.д.) и был направлен в централизованную систему сбора ТКО. После месяца минимизации отходов, был сделан вывод о том, что сокращение отходов требует колоссальных усилий и приносит неудобства в бытовом плане, поэтому принято решение о реализации концепции раздельного накопления отходов.

Полный учет образующихся отходов от 2-х человек проводился в течение 11 месяцев (с октября 2020 г. по август 2021 г.). Выделение различных фракций проводилось в течение учебного года, не считая каникулярное время и отсутствие в общежитии в связи с выездными мероприятиями.

Раздельное накопление отходов на территории Волгоградской области поэтапно вводится с 2020 года, но, согласно территориальной схеме обращения с отходами, в районе расположения студенческого общежития ВолГУ введение раздельного накопления предусмотрено лишь с 2022 года [1]. Поэтому альтернативным подходом к реализации концепции выделения полезного компонента в объеме образующихся отходов для г. Волгограда являются акции по раздельному сбору отходов (далее – акции РСО) из цикла «Разделяй и здравствуй!», ежемесячно организуемые культурным центром «Новый Акрополь». «Новый Акрополь» – международная организация, реализующая культурные и добровольческие программы в 18 городах России. Культурный центр является посредником, который передает все собранное вторсырье переработчикам г. Волгограда [2].

Методической основой выделения полезного компонента в рамках эксперимента послужили правила сортировки, разработанные и предоставленные культурным центром в сотрудничестве с переработчиками. В период эксперимента разделение, накопление и последующая передача отходов проходила по правилам, утратившим силу в марте 2022 года.

На акциях РСО принимались чистые и рассортированные отходы по каждой из категорий: «1/PET (ПЭТ/полиэтилентерефталат)», «2/HDPE (ПНД/полиэтилен высокой плотности низкого давления)», «4/LDPE (ПВД/полиэтилен низкой плотности высокого давления)», «5/PP (ПП/полипропилен)», «6/PS (ПС/полистирол)», «7/О (любой другой пластик)», пластик-композит (Тетра Пак, фольгированный пластик с маркировкой «С/...»), «40/Fe (Сталь)», «41/ALU (Алюминий)», «70 – 71/GL (Стекло)», термобумага (чеки), батарейки, техника, одежда, посуда, книги и др.

Масса выделенных фракций полезных компонентов, переданных в переработку от 2-х человек за 11 месяцев, составила почти 30 кг (табл. 1).

На первом месте по массе отправленного на переработку вторичного сырья стоит пластик-содержащая фракция, к которой относятся 7 видов пластика и пластик-композит. Средняя масса образования в месяц – 1034 г.

Таблица 1

Масса и долевое соотношение фракций выделенного полезного компонента в период 11-ти месяцев эксперимента

Наименование фракций	Масса, кг	Доля от массы преданных на переработку отходов, %
Пластик-содержащая фракция	11,371	38,0
Макулатура	9,313	31,1
Стекло	5,851	19,5
Сталь	2,518	8,4
Термобумага (чеки)	0,394	1,3
Алюминий	0,344	1,2
Опасные отходы (батарейки)	0,116	0,4
Электронные отходы	0,026	0,1
Всего	29, 942	100

Примечание: только 11-ти месяцев эксперимента, потому что 1 месяц (сентябрь 2020 г.) был выделен на проведение опыта по минимизации образующихся отходов.

На втором месте по массе отправленного на переработку вторичного сырья стоит макулатура, код переработки «20 – 23/PAP». Средняя масса образования в месяц – 847 г, при этом, наибольшая масса образования отмечалась в летние месяцы из-за доставки товаров через интернет-сервисы в картонной упаковке. Другие источники макулатуры: студенческие записи и распечатанные материалы, картонная упаковка лекарств, продуктовых и хозяйственных товаров. Передача бумаги на переработку производилась через специализированные контейнерные площадки, расположенные у объектов социальной инфраструктуры на территории г. Волгограда, работающие под контролем компании «ВОЛМА».

На третьем месте по массе отправленного на переработку вторичного сырья расположилось стекло, упаковка товаров с маркировкой «70 – 74/GL». Средняя масса образования в месяц – 531 г, при этом, наибольшая масса образовавшегося вторсырья отмечалась в весенние (3238 г) и летние (1743 г) месяцы. В холодное время года основной продукцией в стеклянной упаковке являются консервированные продукты, в теплое время года – прохладительные и алкогольные напитки. Особенность стекла, как упаковки, в его большой массе при малом объеме.

Общая масса металлов («40/Fe», «41/ALU») составила 2 862 г (9,6% от объема переданных в переработку отходов) или 260 г в месяц. Доля стали от общего объема металлов составляет 88%, образуется данная фракция в результате потребления консервированных непосредственно в жестяные банки продуктов (рыбные консервы, консервированные овощи, сгущенное молоко),

а также от закатанной под железные крышки продукции. Доля алюминия от общего объема металлов составляет 12%, среди которых 33% (113 г) приходятся на алюминиевую фольгу. Основу отходов алюминиевой упаковки составляет тара аэрозольных дезодорантов, характерным отходом алюминиевой фольги является часть герметичной упаковки (сметаны, йогуртов, пюре быстрого приготовления).

Немаловажной частью образующихся отходов являются чеки, которые редко перерабатываются, опасные отходы и электронные отходы требуют особых условий хранения и переработки.

Учет объемов неперерабатываемых отходов, направленных в городскую систему вывоза ТКО, не проводился, но была подмечена средняя масса равная 2 кг, с периодичностью в 1,5 недели, что за 48 недель эксперимента составляет 64 кг. К не перерабатываемым отходам в рамках данного эксперимента относились: органические отходы, предметы личной гигиены, пластиковые и композитные материалы без возможности их очистки, не подлежащая переработке ветошь и прочее.

Таким образом, общая масса отходов двух студентов за 11 месяцев составила в среднем 94 кг, из которой было выделено 32% (29,9 кг) в виде полезного компонента пригодного для переработки.

Поскольку, максимальный объем выделенного полезного компонента составляет пластик, включая пластик-композит, и акции РСО предполагают выделение отдельных видов пластика, при систематизации данных, полученных в результате эксперимента, было уделено особое внимание анализу пластик-содержащей фракции.

Итак, общая масса переданной на переработку пластик-содержащей фракции – 11 380 г, в которой были выделены категории (табл. 2). Полиэтилен различной плотности (2/HDPE (ПНД), 4/LDPE (ПВД)), в рамках акций РСО, собирался совместно.

Из таблицы 2 следует, что самой популярной упаковкой в рамках данного эксперимента является «5/PP (ПП/полипропилен)», на втором месте – «1/PET (ПЭТ/полиэтилентерефталат) и композитный пластик, на третьем – «7/О (другой пластик)», на четвертом – «6/PS (ПС/полистирол)», на пятом – полиэтилен различной плотности (2/HDPE (ПНД), 4/LDPE (ПВД)).

Средняя масса образования полипропилена составила 278 г/месяц, при этом, 78% собранного полипропилена представлен твердым пластиком, к которому относится различная тара от пищевых продуктов: ведерки от салатов, мороженого, картофельного пюре быстрого приготовления, а к мягкому полипропилену – шуршащая упаковка от макарон, шоколадок, хлопьев, хлеба и т. д.

Средняя масса образования полиэтилентерефталата составила 195 г/месяц, при этом, в ходе эксперимента было замечено, что данный вид пластика, в качестве упаковки, чаще всего встречается в твердом виде (бутылки от молока, воды, соков, кваса, подложки в упаковках сладостей), мягкий ПЭТ – обертка конфет.

Таблица 2

Масса и долевое соотношение категорий полезного компонента, отнесенных к пластик-содержащей фракции за период эксперимента

Наименование категорий полезного компонента, отнесенных к пластик-содержащей фракции	Масса, г	Доля от массы пластик-содержащей фракции, %
1/PET (ПЭТ)	2144	18,85
2/HDPE (ПНД) + 4/LDPE (ПВД), в том числе:	1255	11,04
2/HDPE (ПНД) + 4/LDPE (ПВД) (мягкий)	691	6,08
2/HDPE (ПНД) + 4/LDPE (ПВД) (твердый)	564	4,96
5/PP (ПП), в том числе:	3 055	26,87
5/PP (ПП) (мягкий)	683	6,0
5/PP (ПП) (твердый)	2372	20,86
6/PS(ПС), в том числе:	1355	11,92
6/PS(ПС) (твердый)	545	4,79
6/PS(ПС) (вспененный)	810	7,12
7/О	1418	12,47
Пластик-композит, в том числе:	2144	18,85
Пластик-композит (мягкий)	884	7,77
Пластик-композит (твердый)	1260	11,08
Всего	11371	100

К твердому композитному пластику относится 59% композитной упаковки. Примерами твердого пластик-композита является упаковка Тетра Пак, активно используемая для кисломолочных продуктов, натуральных соков, а мягкого – фольгированный пластик с маркировкой «С/...».

К седьмой категории пластик-содержащей фракции относится любой другой пластик, который невозможно было идентифицировать и соотнести с другими категориями или имеющий маркировку «7/О», например, вакуумная упаковка.

Средняя масса образования полистирола 123 г/месяц, при этом, 60% собранного полистирола – вспененная упаковка (лотки для яиц, подложки для мяса), остальная часть полистирола – прозрачные контейнеры для покупки готовой еды, стаканчики от йогурта.

Средняя масса образования полиэтилена составила 114 г/месяц, при этом, 55% переданного на переработку полиэтилена представлено мягкой упаковкой (упаковочные пакеты различного объема), твердый полиэтилен – флаконы от моющего средства, шампуней и закручивающиеся крышечки, например, от ПЭТ-бутылок или упаковок Тетра Пак.

Следует отметить, что большую часть пластик-содержащей фракции составляет твердый пластик, который сложно сжать, большой объем которого создает трудности при транспортировке.

Таким образом, после анализа результатов эксперимента по учету объема образующихся отходов с возможностью выделения полезного компонента в объеме образования отходов двух студентов можно сделать некоторые выводы:

во-первых, пример рассмотренного эксперимента доказывает возможность индивидуальной реализации концепции отдельного накопления отходов, даже в условиях отсутствия системного выделения полезного компонента в рамках региональной системы обращения с отходами. Так, на примере Волгоградской области рассмотрены возможности, предоставляемые общественными инициативами и пунктами сбора отдельных видов компонентов;

во-вторых, присутствие полезного компонента в общем объеме образования отходов определяется потребностями, предпочтениями, покупательской способностью, условиями организации быта, способом реализации закупок потребителей;

в-третьих, нельзя выделить четкой сезонной зависимости образования полезного компонента из-за особенностей организации быта студентов, который подразумевает непостоянное проживание в условиях эксперимента. Поэтому в месяцы включающие каникулы или другие поездки (январь, май, июнь, июль, август) наблюдается снижение образования отходов, одновременно, введение смешенного режима обучения (очное и дистанционное) приводит к увеличению объемов потребления;

в-четвертых, преобладающим видом полезного компонента является пластиксодержащая фракция, из которой самой популярной упаковкой является «5/PP (ПП/полипропилен)».

Библиографический список

1. Территориальная схема обращения с отходами на территории Волгоградской области : Утверждено приказом Комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области от 30.05.2020 № 927-ОД [Электронный ресурс]. – URL: <https://oblkompriroda.volgograd.ru/norms/acts/obrashchenie-s-otkhodami/> (дата обращения: 12.03.2021).
2. Раздельный сбор отходов в Волгограде [Электронный ресурс]. – URL: <https://acropolis.org.ru/projects/8994> (дата обращения: 31.03.2022).

НИТРИЛОТРИСМЕТИЛЕНФОСФОНАТОЦИНКАТ НАТРИЯ – ПРОДУКТ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Н. Е. Суксин, М. А. Шумилова

*Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
suxin@udman.ru, shumilovama@udman.ru*

Проведено моделирование разделения концентратов цветных металлов, которые получают в ходе переработки отходов гальванического производства. В результате применения модели к отходам гальванического производства были получены концентраты оксидов хрома и цинка, последний использовался для получения ингибитора коррозии $\text{Na}_4[\text{N}(\text{CH}_2\text{PO}_3)_3\text{Zn}] \cdot 13\text{H}_2\text{O}$. Проведены коррозионные испытания данного соединения для различных марок стали в кислой среде.

Ключевые слова: отходы гальванического производства, концентраты цветных металлов, ингибитор коррозии, коррозионные испытания.

Загрязнение окружающей среды соединениями тяжелых металлов является проблемой для индустриально развитых регионов, поэтому на первый план выходит задача по переработке подобного вида отходов с получением ценных веществ и компонентов, которые можно было бы вернуть в хозяйственный оборот [1].

Разработан способ утилизации пастообразного отхода гальванического производства по нанесению цинковых покрытий [2]. В результате гидрометаллургического передела отхода была получена смесь концентратов металлов в виде оксидов цинка и хрома в соотношении 3:1 [3].

Проведено моделирование процесса разделения подобной смеси с использованием чистых веществ – сульфата цинка и ацетата хрома. Вещества смешивали в соотношении 3:1 по массе и растворяли в 1% серной кислоте. Затем проводили осаждение щелочью до значений $\text{pH}=7 \sim 8$, после чего осадок, состоящий из гидроксидов цинка и хрома, прокаливали в муфельной печи при $t=300\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 30 минут. Прокаленную сухую смесь, состоящую из оксидов хрома(III) и цинка, растворяли в 5% серной кислоте, переводя в раствор цинк, фильтровали и выделяли оксид хрома(III) в виде осадка из исходной смеси. Цинк из фильтрата осаждали 5%-ным раствором карбоната натрия. Полученный осадок отфильтровывали, промывали и высушивали. Полученные продукты представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Вещества, полученные при разделении модельной смеси:
а – оксид хрома(III), б – оксид цинка

Разработанный метод был применен для разделения смеси концентратов металлов, полученной в ходе переработки отхода гальванического производства. Продукты, полученные при утилизации отхода, показаны на рисунке 2.

Известно, что комплексы органофосфоновых кислот с цинком являются эффективными ингибиторами коррозии стали [4]. Выделенный оксид цинка был использован для получения координационного соединения $\text{Na}_4[\text{N}(\text{CH}_2\text{PO}_3)_3\text{Zn}] \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ (KcZn) [5]. Цель представленной работы – изуче-

ние ингибирующих свойств полученного координационного соединения цинка для защиты от коррозии различных видов стали в слабокислой среде.



а



б

Рис. 2. Вещества, полученные при утилизации отхода гальванического производства: а – оксид хрома(III), б – оксид цинка

Испытания коррозионной стойкости образцов стали различных марок, проводили согласно ГОСТ 9.912-89. Для проведения испытаний использовали марки стали с различным химическим составом (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав стали

Марка стали	Состав, %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	Mo	W	V
20X	Коррозионностойкая, жаропрочная (Fe ~ 97)									
	0,17–0,23	0,17–0,37	0,5–0,8	0,7–1,0		до 0,3				
12X18Н10Т	Конструкционная, криогенная (Fe ~ 67)									
	<0,12	<0,8	<2,0	17–19,0	9–11,0	<0,3	0,4–1,0			
У12	Инструментальная, углеродистая (Fe ~ 97)									
	1,16–1,23	0,17–0,33	0,17–0,33	<0,2	<0,25	<0,25				
9ХС	Инструментальная, легированная (Fe ~ 94)									
	0,85–0,95	1,2–1,6	0,3–0,6	0,95–1,25	<0,35	<0,3	<0,03	<0,2	<0,2	<0,15
65Г	Конструкционная, рессорно-пружинная (Fe ~ 97)									
	0,62–0,7	0,17–0,37	0,9–1,2	<0,25	<0,25	<0,2				
5ХНМ	Инструментальная, штамповая (Fe ~ 97)									
	0,5–0,6	0,1–0,4	0,5–0,8	0,5–0,8	1,4–1,8	<0,3		0,15–0,3		

Для определения защитного эффекта КсZn проводили серию испытаний в коррозионной среде с варьируемой концентрацией ингибитора ($C_{\text{инг}}$) 0; 1; 5; 10; 50; 100 мг·дм⁻³.

Среднюю удельную скорость питтинговой коррозии (V_m), г·м⁻²·ч⁻¹, рассчитывали по формуле:

$$V_m = \frac{\Delta m}{S \cdot t} \cdot 10^4 \quad (1),$$

где Δm – суммарная потеря массы параллельных образцов, г; суммарная площадь поверхности параллельных образцов, см²; t – продолжительность испытаний, ч.

Степень защиты в % вычисляли по формуле:

$$Z = \frac{V_{m_0} - V_{m_i}}{V_{m_0}} \cdot 100\% \quad (2),$$

где V_{m_0} – скорость коррозии образцов в фоне, г·м⁻²·ч⁻¹; V_{m_i} – скорость коррозии образцов в ингибированных средах, г·м⁻²·ч⁻¹.

Результаты испытаний исследуемых образцов стали на коррозионную стойкость стандартным методом в электролите и в присутствии ингибитора представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты коррозионных испытаний ингибитора

Марка стали	$C_{\text{инг}}$, мг·дм ⁻³	V_m , г·м ⁻² ·ч ⁻¹	Z, %	Марка стали	$C_{\text{инг}}$, мг·дм ⁻³	V_m , г·м ⁻² ·ч ⁻¹	Z, %
20Х	0	40,625		9ХС	0	34,319	
	1	16,765	58,73		1	13,101	61,83
	5	12,135	70,13		5	13,673	60,16
	10	19,167	52,82		10	28,099	18,12
	50	21,406	47,31		50	24,701	28,03
	100	20,168	50,36		100	21,224	38,16
12Х18Н10Т	0	1,702	отсутствует	65Г	0	37,988	
	1	6,988	отсутствует		1	13,507	64,44
	5	5,566	отсутствует		5	17,931	52,80
	10	2,707	отсутствует		10	29,179	23,19
	50	3,787	отсутствует		50	29,330	22,79
	100	3,895	отсутствует		100	22,760	40,09
У12	0	25,104		5ХНМ	0	45,565	
	1	23,863	4,94		1	44,221	2,95
	5	16,780	33,16		5	19,411	57,40
	10	22,738	9,43		10	36,243	20,46
	50	26,448	отсутствует		50	33,727	25,98
	100	30,777	отсутствует		100	24,254	46,77

Проведенные исследования показали, что Na₄[N(CH₂PO₃)₃Zn]·13H₂O обладает ингибирующими свойствами в коррозионной среде по отношению к рассматриваемым маркам стали. Наибольший защитный эффект ингибитор проявляет в диапазоне концентраций от 1 до 5 мг·дм⁻³ для всех марок стали;

дальнейшее увеличение его концентрации ведет к снижению защитного эффекта. Степень защиты исследуемых марок стали в присутствии KcZn устанавливали по величине скорости удельной коррозии, значение которой варьировалось для разных марок, что обусловлено их химическим составом. В оптимальном диапазоне концентраций $\text{Na}_4[\text{N}(\text{CH}_2\text{PO}_3)_3\text{Zn}] \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ в электролите для марки 5ХНМ удельная скорость коррозии уменьшилась в 2,5 раза, марки 65Г в – 2,8 раза и для марки 20Х в – 3,4 раза. Исключение составляет сталь 12Х18Н10Т, практически не подверженная коррозии в стандартном электролите, поэтому действие ингибитора отсутствует во всем интервале концентраций.

Наиболее эффективное защитное воздействие (70,13%) ингибитора с концентрацией $5 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ зафиксировано для образца стали 20Х, наименьший эффект защиты (33,16% и 57,40%) наблюдался для марок стали У12 и 5ХНМ соответственно. Образцы стали 9ХС и 65Г достигают свою максимальную степень защиты в 61,83 и 64,44% при концентрации ингибитора $1 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$.

Ингибирующее действие $\text{Na}_4[\text{N}(\text{CH}_2\text{PO}_3)_3\text{Zn}] \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ обусловлено образованием поверхностных пленок, поэтому предполагается, что стали, имеющие сходный качественный и количественный химический состав, обладают близкими значениями степени защиты. Для оценки влияния компонентов стали на скорость ее коррозии и степени защитного действия ингибитора с концентрацией $5 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ был произведен расчет коэффициентов корреляции данных показателей от содержания химических элементов (табл. 3).

Таблица 3

Корреляция параметров коррозии с химическим составом сталей

Параметры коррозии	Коэффициент корреляции, r						
	Fe, %	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %
$V_m, \text{г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$	0,840	0,277	-0,684	0,226	-0,739	0,652	0,928
$Z, \%$	-0,705	-0,858	0,486	0,477	0,672	0,377	-0,422

Как следует из корреляционной зависимости, скорость коррозии в присутствии ингибитора возрастает с увеличением содержания железа и меди; с ростом содержания хрома, никеля и меди скорость коррозии уменьшается. Очевидно, что степень защитного действия KcZn ослабляется с возрастанием концентрации углерода и железа, но усиливается с ростом количества хрома.

Разработан метод, позволяющий эффективно разделять концентраты цветных металлов из отходов гальванического производства по нанесению цинковых покрытий. В результате передела были получены концентраты оксидов цинка и хрома. Установлено, что чистота выделенного оксида цинка позволяет использовать его для получения координационного соединения $\text{Na}_4[\text{N}(\text{CH}_2\text{PO}_3)_3\text{Zn}] \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ - ингибитора коррозии. Проведенные исследования образцов стали ускоренным химическим методом на стойкость к коррозии в присутствии KcZn разной концентрации показали, что полученный ингибитор обладает защитными свойствами в кислой среде, оптимальный диапазон его концентраций составляет от 1 до $5 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$. Установлено, что удель-

ная скорость коррозии в стандартных условиях для исследуемых марок стали зависит от их химического состава. Максимальный эффект защитного воздействия ингибитора с концентрацией $5 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ зафиксирован для образца стали 20Х.

Библиографический список

1. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. М. : Глобус, 1998. 302 с.
2. Петров В. Г., Суксин Н. Е. Утилизация твердых отходов гальванического производства по нанесению цинковых покрытий // Теоритическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 106–110. doi: <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-4-106-110>
3. Суксин Н. Е., Петров В. Г. Разработка технологии переработки отходов гальванического производства нанесения цинковых покрытий // КоМУ-2021 : XIII Всерос. школа-конф. молодых ученых. 18–22 октября 2021 г., Ижевск : УдмФИЦ УрО РАН, 2021.
4. Zinc and cadmium nitrilotris(methylenephosphonate)s: A comparative study of different coordination structures for corrosion inhibition of steels in neutral aqueous media / F. F. Chausov, I. S. Kazantseva., S. M. Reshetnikov, N. V. Lomova, A. N. Maratkanova, N. V. Somov // ChemistrySelect. 2020. V. 5, № 43. P. 13711-13719. doi: <https://doi.org/10.1002/slct.202003255>
5. Ингибитор коррозии и (или) солеотложений / Ф. Ф. Чаусов, Н. В. Сомов, Е. А. Наймушина, И. Н. Шабанова // Патент РФ №.2528540. 2014.

НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Ю. П. Хранилов, В. И. Мамаев, Л. Л. Лобанова, Т. В. Еремеева
Вятский государственный университет, khran-yurij@yandex.ru

Рассмотрены некоторые мероприятия организационного характера, позволяющие снизить экологическую опасность гальванических производств: применение полипропиленовых ванн и крышек на них; обеспечение требуемого выстоя после извлечения деталей из ванн; дополнительное оснащение линий малогабаритными установками для возврата химикатов из промывных вод.

Ключевые слова: полипропиленовые ванны, извлечение деталей из ванн, возврат химикатов.

В современном машиностроении при создании продукции на многие детали наносят различные неорганические покрытия защитного, защитно-декоративного, специального назначения. Покрытия проводят в гальванических цехах (на участках) в гальванических ваннах, которые чаще всего входят в состав линии. Широкое распространение получили автооператорные линии (АОЛ), которые могут работать либо в автоматическом режиме в соответствии с циклограммой на технологический процесс, либо в режиме ручного обслуживания (от кнопки на операцию). Помимо ванны для нанесения покрытия с токсичным электролитом в состав АОЛ входят ванны для обезжири-

вания, травления, заключительной обработки покрытий с токсичными компонентами, а также промывные ванны. Поэтому на машиностроительных предприятиях имеются очистные сооружения, которые должны обеспечивать сброс очищенных сточных вод (СВ) с концентрациями токсикантов не выше региональных нормативов для сброса в городской коллектор.

При рассмотрении экологических аспектов работы АОЛ обычно учитывают лишь «химическую составляющую» вопроса (технологию очистки СВ, возможность снижения количества отходов и их регенерации и т. д.). Эти вопросы подробно освещены в [1, 2]. В этом направлении ряд работ выполнен на кафедре ТЭП ВятГУ [3–6]. Однако снизить экологическую опасность гальванических производств можно также путем осуществления мероприятий по их организации и эксплуатации.

Идеальным было бы решение, когда гальванические производства всех (или большинства) предприятий региона были территориально объединены в один гальванический цех, использующий современные технологии и эффективные методы очистки СВ. Это позволило бы резко сократить экономические расходы, в том числе и за счет ликвидации дублирующих технологических линий. Однако, учитывая ведомственную разобщенность Кировских предприятий, такое решение маловероятно.

При модернизации гальванических производств целесообразно проводить замену стальных футерованных ванн на полипропиленовые. Такая работа проводится на местных предприятиях («Сельмаш», «Лепсе», «Вэлконт» и др.). Меньшая теплопроводность полипропилена по сравнению с теплопроводностью комбинации стали с футеровкой позволяет снизить тепловые потери через стенки и дно нагреваемых ванн во время их работы примерно на 35%, что, в свою очередь, приводит к снижению энергозатрат при эксплуатации оборудования.

Дополнительно снизить энергозатраты можно, снабдив ванны крышками, предотвращающими теплотери за счет испарения через зеркало жидкости в ваннах в нерабочее время (выходные дни; ночная, как правило, нерабочая смена). Такая ванна с крышкой представляет некоторый аналог термоса. Расчеты показывают, что интенсивность охлаждения жидкости в таких ваннах примерно в два раза меньше, чем в ваннах без крышек. А это также снижает энергозатраты перед запуском ванн в работу после их простоя. В расчетах учтено, что теплотери через стенки и дно ванн остаются неизменными при наличии крышек.

Следует также отметить, что замена стальных ванн на полипропиленовые сопровождается заменой стали в системе вытяжной вентиляции на химически стойкие полимерные материалы. В результате предотвращается коррозия бортовых отсосов и воздухопроводов.

При эксплуатации АОЛ в режиме ручного обслуживания важно соблюдать требования по выстой технологических спутников (подвеска или барабан) после их подъема из ванн. В соответствии с [7] этой выстой составляет не менее 6 с для подвесок и не менее 15 с для барабанов. За это время стекает

основная часть жидкости – либо в технологический раствор (ТР), либо в промывную ванну. В автоматическом режиме работы АОЛ указанные выстои предусматриваются циклограммой. В ручном режиме рабочий нередко сразу после подъема подвески или барабана включает команду на горизонтальный перенос спутника с деталями в следующую по технологии ванну. В результате значительная часть ТР переносится в промывные ванны, что приводит к увеличению затрат на очистку СВ и к увеличению количества гальванических шламов. Кроме того, быстрее истощается ТР, так как нестекшая в него жидкость будет замещена затем промывной водой.

Еще одним мероприятием организационного характера может быть дополнительное оснащение АОЛ малогабаритными установками возврата химикатов из ванн непроточной промывки в ванну покрытия. Такая установка была разработана и изготовлена для АОЛ никелирования завода «Сельмаш» [8] и эксплуатировалась в течение некоторого времени. Принцип ее работы заключался в том, что на дозированную промывку подается такое количество воды, которое испаряется с зеркала электролита ванны никелирования. В результате более 90% химикатов возвращается в ТР, а не сбрасывается в сточные воды.

В заключение хотелось бы высказать пожелание о регулярном (примерно раз в полгода) проведении в Кирове «круглых столов» по гальванотехнике, на которых работники гальванических цехов, заводских лабораторий и очистных сооружений машиностроительных предприятий делились бы опытом работы по решению возникающих в производстве проблем.

Библиографический список

1. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. / под ред. В. Н. Кудрявцева. М. : Производ.-издат. предприятие «Глобус», 1998. 302 с.
2. Хранилов Ю. П. Экология и гальванотехника: проблемы и решения. Киров : Изд-во ВятГТУ, 2000. 97 с.
3. 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.
4. Лобанова Л. Л., Баталова Е. В., Хранилов Ю. П. Реагентные технологии утилизации никеля из отработанных растворов химического никелирования // Журнал прикладной химии. 2008. Т. 81. Вып. 2. С. 213–217.
5. Хранилов Ю. П., Еремеева Т. В., Бобров М. Н. Использование электролиза для переработки некоторых отходов гальванических производств // Мир гальваники. 2016. № 1. Вып. 32. С. 54–59.
6. Утилизация никеля, хрома и меди из некоторых отходов гальванических производств / Ю. П. Хранилов, Л. Л. Лобанова, Т. В. Еремеева, М. Н. Бобров // Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1 (г. Киров, 4 декабря 2019 г.). Киров : ВятГУ, 2019. С. 35–39.
7. ГОСТ Р 58431-2019. Вода для гальванического производства и схемы промывок. Общие требования. М. : Стандартинформ, 2019. 17 с.
8. Лихачёв В. А., Мамаев В. И. Установка для локальной очистки промывных вод на линии никелирования // Гальванотехника и обработка поверхности. 1994. Т. 3. № 3. С. 54–56.

ОЧИСТКА СТОКОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ

С. В. Хитрин¹, Е. С. Кобликов²

¹ *Вятский государственный университет, tzb_khitrin@vyatsu.ru*

² *ООО «ГалоПолимер Кирово-Ченецк», stud142771@vyatsu.ru*

В статье рассматривается очистка стоков электрохимического никелирования от Ni^{2+} диметилглиоксимом с доочисткой, в которой используется адсорбция гидролизным лигнином Кировского биохимического завода (КБХЗ). Выявлены оптимальные условия. Предложена принципиальная технологическая схема.

Ключевые слова: промышленные загрязнения Ni^{2+} , реагентная очистка стоков диметилглиоксимом, сорбция гидролизным лигнином.

Гальванические производства, наряду с предприятиями цветной металлургии и возрастающим внедрением аккумуляторной техники, являются одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды, главным образом поверхностных и подземных водоемов, ввиду образования большого объема сточных вод, которые содержат вредные примеси тяжелых металлов и других высокотоксичных соединений. Соединения металлов, которые выносятся сточными водами гальванического производства, влияют на экосистему водоем – почва – растение – животный мир – человек. Токсичность связана с попаданием в организм, прежде всего, его свободных ионов (Ni^{2+}). Они в более высокой степени влияют отрицательно на организм, и проявляют более высокую токсичность и канцерогенность, чем его малорастворимые и молекулярные и комплексные соединения.

Задачи очистки воды и получения практически нерастворимых соединений никеля, пригодных для использования, предложено нами решать взаимодействием ионов никеля с диметилглиоксимом (ДМГ), приводящим к образованию при подщелачивании малорастворимого внутрикомплексного соединения диметилглиоксимата никеля $\text{Ni}(\text{C}_4\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_2)_2$ (ДМГН) [1]. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты очистки никельсодержащих стоков под действием ДМГ

№ опыта	pH	Концентрация никеля в стоках, г/л	Концентрация никеля в фильтрате, г/л	Соотношение никеля и ДМГ
1	7	1,23	0,14	1:4
2	7,5	1,39	0,001	1:2
3	7,5	1,06	0,059	1:1
4	8,3	1,85	0,001	1:2

Из таблицы 1 видно, что в опыте № 2, когда pH раствора 7,5 при соотношении ионов никеля и ДМГ 1:2 достигается лучшая очистка. Повышение

pH (опыт № 4) нецелесообразно так как при этом появляется вероятность образования гидроокиси никеля. Также из таблицы 1 можем сделать вывод, что добавление диметилглиоксима в избытке меньшем чем 1 : 2 или значительно большем (опыты № 1 и 4) неэффективно.

Более детальные исследования показали возможность получать стабильные показатели очистки, с образованием востребованного ДМНГ, но не удается надежно достигать ПДК_{рх}. Мы предлагаем доступную доочистку лигнином, массовым отходом гидролизных производств, показавшим себя эффективным сорбентом других тяжелых металлов [2, 3].

Лигнин – это вещество, содержащиеся в одревесневших стенках растительных клеток. Сложное полимерное ароматическое соединение, содержащееся в сосудистых растениях (до 30% сухой массы). Одревесневшие клеточные оболочки обладают ультраструктурой, которую можно сравнить со структурой железобетона: волокна целлюлозы по своим свойствам соответствуют арматуре, а инкрустирующий их лигнин – бетону. При кислотном гидролизе древесных растений лигно-целлюлозные структуры разрушаются с распадом полисахаридов и образованием сорбционного материала с развитой поверхностью [2].

Через сорбционную колонку, заполненную лигнином Кировского биохимического завода, пропускали предварительно очищенные с ДМГ стоки, содержащие остаточный никель (табл. 2).

Таблица 2

Результаты доочистки гидролизным лигнином

№ опыта	Объем, пропущенный через колонку, мл	t (пропускания), мин	g _{начальная} (Ni ²⁺), г/л	g _{конечная} (Ni ²⁺), г/л
1	50	6,44	0,028	0,00001
2	100	9,52		0,00001
3	300	9,50		0,00003

По результатам опытов видно, что доочистка лигнином позволяет достичь санитарно-гигиенических норм.

Выводы. 1. Показано, что эффективным методом очистки никелевых стоков является связывание ионов никеля в устойчивый комплекс под действием двукратного избытка диметилглиоксима при pH 7,5–8,3 и гравитационным удалением диметилглиоксимата никеля.

2. Гарантированную доочистку целесообразно проводить с использованием отходов гидролизного лигнина.

Библиографический список

1. Способ очистки сточных вод от никеля: пат. 2010012 Рос. Федерация № 5005020/26 / А. Л. Бушковский; заявл. 09.10.1991; опубл. 30.03.1994.
2. Направления и методы утилизации лигнинов / К. С. Хитрин, С. Л. Фукс, С. В. Хитрин, Д. С. Метелёва // Российский химический журнал. 2011. Т. 55. № 1. С. 38–44.
3. Тетесова А. А., Фукс С. Л., Хитрин С. В. Сорбция катионов тяжелых металлов из сточной воды модификациями гидролизного лигнина // Общество. Наука. Инновации (НПК-2019) : сборник статей XIX Всерос. науч.-практ. конф.: в 4-х томах, Киров, 01–26

РАЗРАБОТКА АДСОРБЦИОННОГО КАРТРИДЖА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Е. В. Возженников, С. Л. Фукс

*Вятский государственный университет,
stud106278@vyatsu.ru, tzb_fuks@vyatsu.ru*

В работе представлено обоснование разработки сменного адсорбционного картриджа очистки выхлопных газов, который устанавливается на выходе из выхлопной системы автомобиля. Адсорбционный картридж содержит золу уноса в качестве активного материала очистки выхлопных газов от токсичных примесей.

Ключевые слова: автотранспорт, картридж, адсорбция, зола уноса, отход, воздух, бензин.

В настоящее время в атмосфере наблюдается повышенное содержание токсичных газов, что обусловлено работой предприятий и большого количества транспорта, образующего выхлопные газы. Выхлопные газы автомобилей являются продуктами окисления и неполного сгорания углеводородного топлива. В большей части они состоят из азота, кислорода, диоксида углерода, паров воды. Присутствие в этих газах канцерогенных и токсичных веществ, в том числе свинца и сажи требует установки индивидуальной системы очистки на базе картриджей, в которых находятся сорбенты, поглощающие эти газы. Процесс обусловлен адсорбцией различных компонентов с выходом очищенного воздуха. Выбор сорбентов для различных загрязнителей характеризуется адсорбцией и длительностью работы сорбента. В современных картриджах применяется преимущественно дорогостоящие адсорбенты. В качестве углеродного сорбента чаще всего применяются активированные угли, полученные в результате переработки древесного угля [1]. Применяемый древесный уголь потребляет большое количество древесины и кислорода для сжигания. Наиболее дешевым сорбентом-заменителем является зола уноса, образующаяся при сжигании каменного угля. Она состоит из гранул углерода и других неорганических веществ. Установлено, что зола уноса способна адсорбировать оксид серы (IV), оксиды азота и летучие органические соединения [2, 3].

Снижение количества вредных выбросов, выбрасываемых в атмосферу автотранспортом, является актуальной задачей.

Цель данной работы заключается в разработке адсорбционного картриджа для очистки выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания.

Состав выхлопных газов автомобилей зависит от качества используемого топлива и типа двигателя. Большинство современных автомобилей имеют каталитический нейтрализатор, установленный в выхлопную систему после коллектора. Это простое устройство, в котором происходят сложные химические процессы. Внутри корпуса из нержавеющей стали находится керамический или металлический «кирпич», имеющий сотовую структуру. У этого монолита огромная площадь поверхности, причем вся она покрыта тончайшим слоем специального сплава – собственно катализатора, содержащего платину, родий и палладий. Именно эти драгоценные металлы отвечают за свойства катализатора, они же определяют его высокую стоимость. Выхлопные газы «омывают» поверхность монолита, и, когда температура достигает критического значения 250 °С, начинается каталитическая реакция. Окись углерода превращается в двуокись (углекислый газ), углеводороды превращаются в воду и опять же двуокись углерода, а оксиды азота превращаются в воду и азот. На помощь каталитическому нейтрализатору разрабатываются и другие очистительные системы, для снижения вреда выхлопных газов [4].

При разработке дополнительного способа очистки выхлопных газов был выбран метод адсорбции. Этот метод основан на способности поверхности твердых адсорбентов (поглотителей) избирательно поглощать и концентрировать отдельные компоненты газопаровой смеси. Адсорбция может быть физической, промежуточной (активированной) и химической. В качестве адсорбентов используются твердые тела с рыхлой поверхностью, которые хорошо поглощают вещества из газов или растворов.

В качестве сорбента был выбран многотоннажный отход Кировской ТЭЦ-5 – зола уноса, образованная путем сжигания угля кузнечного бассейна, способная поглощать из газовой среды органические вещества [2, 3]. Ранее нами было доказано [5], что золу уноса можно использовать для очистки выхлопных газов от паров бензола, бензина и другие токсичных веществ.

Для этого разработан сменный адсорбционный картридж очистки выхлопных газов, который устанавливается на выходе из выхлопной системы. Он состоит из термостойкой колонки, в которую помещают сорбент (рис. 1). Картридж устанавливается в насадку для глушителя, который имеет фиксатор для картриджа и крепеж на выхлопную трубу. Чтобы двигатель не «задохался» из-за гидравлического сопротивления сорбента, часть выхлопных газов будет проходить мимо картриджа. После отработки сорбента, картридж можно легко заменить, сняв насадку на глушитель. Насадку на глушитель можно устанавливать на все типы транспортных средств, имеющие двигатель внутреннего сгорания, а также на выхлопную трубу генератора электрического тока с двигателем внутреннего сгорания (рис. 2).



Рис. 1. Конструктивные элементы адсорбционного картриджа



Рис. 2. Адсорбционный картридж на выхлопной системе легкового автомобиля

Технологическая схема производства картриджей представлена на рисунке 3.

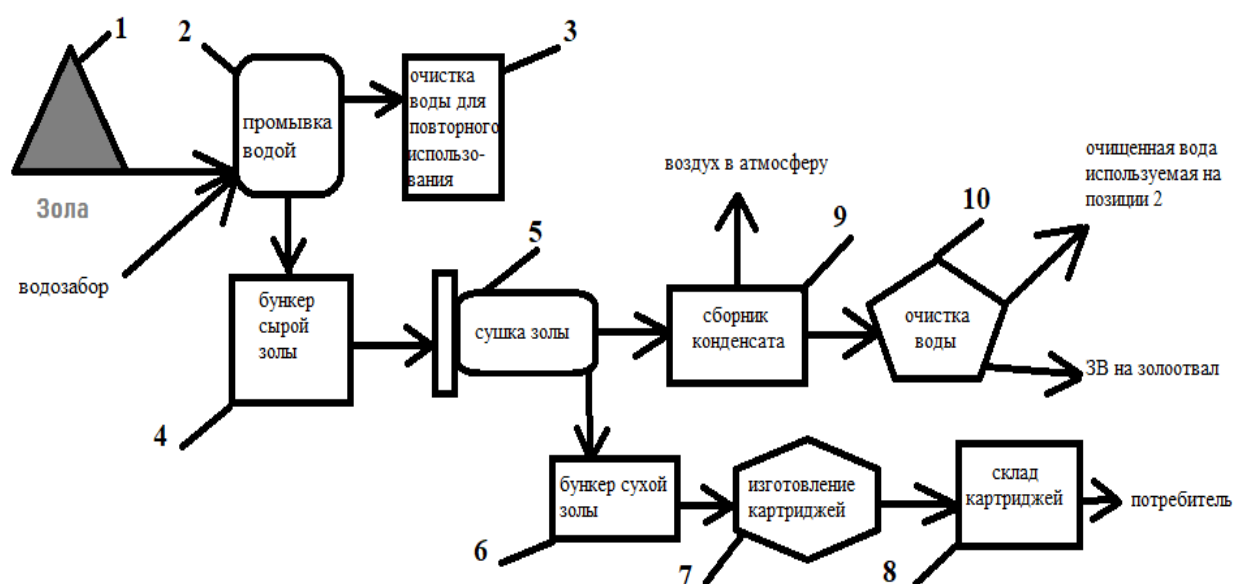


Рис. 3. Технологическая схема производства картриджей.

1 – Золоотвал ТЭЦ; 2 – промывная башня; 3 – электрофильтр; 4 – накопитель;
 5 – теплообменник; 6 – накопитель; 7 – сборник картриджей;
 8 – склад картриджей; 9 – флотационная машина; 10 – очистная станция

Таким образом, разработан адсорбционный картридж, содержащий золу уноса в качестве активного материала очистки выхлопных газов от токсичных примесей, устанавливающийся на выходе из выхлопной трубы.

Библиографический список

1. Fux S. L., Devyaterikova S. V., Musikhina T. A. Geosorbent Based on the Combination of Kuznetsk-Basin Coal Fly Ssh With Various Kinds of Lignin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 272, Iss. 2. P. 122–129. doi: 10.1088/1755-1315/272/2/022053
2. Ge J. C., Yoon S. K., Choi N. J. Application of Fly Ash as an Adsorbent for Removal of Air and Water Pollutants // Applied Sciences. 2018. Vol. 8, Iss. 7. P. 1116–1140. doi: 10.3390/app8071116
3. Applicability of Coal Combustion Ashes to Use as Additives in Flue Gas Desulfurization / H. Jo, S. Kim, Y. Seo, S. Back, H. Joung, H. Yoon, J. Hong // Japan Society of Material Cycles and Waste Management. 2013. Iss. 24. P. 687–688. doi: 10.14912/jsmcwm.24.0_687 (accessed 20.02.2020).
4. Чистка выхлопных газов от вредных примесей с помощью скруббера / Н. И. Лапекин, А. А. Шестаков, А. Е. Брестер, А. Г. Баннов // Наука. Технологии. Инновации. : Сб. науч. трудов в 9 ч. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. Ч. 3. С. 80–83.
5. Возженников Е. В., Фукс С. Л. Исследование возможности применения золы уноса в качестве сорбента органических газов// Технологии переработки отходов с получением новой продукции : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : Изд-во ВятГУ, 2021. С. 111–116.

СОРБЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ГЛАУКОНИТСОДЕРЖАЩИМИ ХВОСТАМИ ОБОГАЩЕНИЯ ФОСФОРИТОВ ВЯТСКО-КАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А. В. Малышева, Н. В. Сырчина

Вятский государственный университет, malysheva.lina.97@mail.ru

Изучена сорбция катионов тяжелых металлов (Ni^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+}) глауконитсодержащими хвостами обогащения фосфоритов Вятско-Камского фосфоритоносного бассейна (содержание глауконита $60 \pm 7\%$). Установлено, что соответствующие отходы могут найти применение не только в качестве сорбентов для очистки сточных вод от тяжелых металлов, но и в качестве натуральных «аквамелиорантов» для улучшения гигиенических характеристик рыбопродуктов.

Ключевые слова: хвосты обогащения фосфоритов, тяжелые металлы, глаукониты, очистка воды, натуральные сорбенты, адсорбция.

Вятско-Камский фосфоритоносный бассейн относится к числу крупнейших в Европе месторождений фосфатного сырья. В настоящее время добычные работы на месторождении не производятся, однако в период активного освоения запасов руды на территории Верхнекамского рудника было

накоплено более 20 млн т отходов – хвостов обогащения желваковых фосфоритов (эфелей). Основными компонентами соответствующих отходов являются глауконит (до 60–70%), фосфориты мелких фракций, кварц, глинистые и известковые материалы, гидраты оксидов железа [1]. Для глауконитов характерны выраженные сорбционные свойства по отношению к тяжелым металлам (ТМ), радионуклидам, нефтяным углеводородам, фенолам, фармацевтическим субстанциям и многим другим соединениям [2, 3]. Однако глаукониты Вятско-Камского месторождения образуют с другими минералами сростки, что затрудняет возможность разделения отхода на отдельные компоненты и очистку глауконита от примесей [4]. Поскольку выделение относительно чистого глауконита из хвостов обогащения затруднено, большое практическое значение могут иметь исследования, направленные на оценку сорбционных свойств собственно эфелей или фракций эфелей, обогащенных глауконитом.

Цель настоящей работы состояла в оценке возможности применения глауконитсодержащих хвостов обогащения фосфоритов для очистки воды от тяжелых металлов.

Для выполнения исследований использовали эфель, отобранные с территории хвостохранилища Верхнекамского фосфоритного рудника в сентябре 2020 г. Эфель представлял собой зернистый сыпучий продукт зеленовато-серого цвета с размером частиц менее 1 мм. Доля пылевидной фракции (менее 0,045 мм) составляла 20–24%. Насыпная плотность – 1,58–1,59 г/см³, истинная плотность – 2,75–2,87 г/см³, пористость – 16,0–17,1%, угол естественного откоса – 36,4–38,2 град. Содержание глауконита – 60±7%.

Для получения обогащенного глауконитом продукта использовали метод магнитной сепарации [5]. Благодаря высокому содержанию железа удельная магнитная восприимчивость глауконита достигает $63\text{--}114 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{г}$, что способствует переходу этого минерала в магнитную фракцию (МФ). Содержание глауконита в МФ повышается до 85–89%. Следует отметить, что технология магнитной сепарации является весьма энергоемкой, в результате чего себестоимость МФ, по сравнению с себестоимостью эфеля, возрастает.

В таблице 1 приведены данные о химическом составе эфеля и МФ. Элементный состав образцов определяли по методике НСАМ 499-ЭАС/МС «Определение элементного состава горных пород, почв, грунтов и донных отложений атомно-эмиссионным и масс-спектральными методами анализа», содержание Р₂О₅ – по ГОСТ 24024.9-81 фотометрическим методом.

Таблица 1

Химический состав эфеля и магнитной фракции эфеля

Показатель	Содержание, %	
	Эфель	Магнитная фракция эфеля
Na ₂ O	0,25	0,13
MgO	1,8	2,3
Al ₂ O ₃	7,7	9,5
K ₂ O	3,8	4,7
CaO	13,6	6,9
TiO ₂	0,13	0,14
MnO	0,077	0,066
Fe ₂ O ₃	13,5	16,8
Собщ	2,0	0,91
P ₂ O ₅	7,2	4,2

Изучение адсорбции ионов ТМ из водных растворов проводили статистическим методом. В раствор соли ТМ (0,1 моль/дм³) помещали навеску адсорбента (эфеля или МФ) и встряхивали до установления адсорбционного равновесия. По разнице между концентрацией ТМ в исходном растворе (C₀) и в растворе с добавкой адсорбента (C) рассчитывали удельную адсорбцию (a) по формуле:

$$a = [(C_0 - C) / m] \cdot V \text{ (моль/г)},$$

где m – масса навески сорбента, г;

V – объем раствора соли, л.

Адсорбцию ТМ изучали на примере водных растворов солей NiSO₄·7H₂O, CuSO₄·5H₂O, Pb(NO₃)₂. Статистическую обработку полученных результатов выполняли в программе «Microsoft Excel» по общепринятым методикам.

Данные, характеризующие сорбцию катионов ТМ эфелем и магнитной фракцией эфеля, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Сорбция тяжелых металлов эфелем и магнитной фракцией эфеля

Катионы	Удельная адсорбция, моль/г	
	Эфель	Магнитная фракция эфеля
Ni	$4,35 \pm 1,53 \cdot 10^{-5}$	$6,68 \pm 1,54 \cdot 10^{-5}$
Cu	$5,34 \pm 1,00 \cdot 10^{-5}$	$9,02 \pm 0,59 \cdot 10^{-5}$
Pb	$5,91 \pm 0,19 \cdot 10^{-5}$	$8,02 \pm 0,33 \cdot 10^{-5}$

Приведенные в таблице 2 данные хорошо согласуются с опубликованными результатами других исследований, посвященных изучению адсорбции ТМ глауконитами [6]. Адсорбция ТМ эфелем и МФ лишь незначительно уступает адсорбции ТМ очищенным глауконитом, при этом стоимость очищенного глауконита значительно выше стоимости эфеля. МФ характеризуется более высокими значениями удельной адсорбции катионов ТМ, чем эфель, что обусловлено более высоким содержанием глауконита. Связывание катионов глауконитами реализуется за счет процессов адсорбции на отрицательно

заряженных активных центрах поверхности сорбента, а также за счет процессов ионного обмена. Оба процесса характеризуются низкой энергией активации и высокой скоростью, что обуславливает достаточно быстрое достижение состояния адсорбционного равновесия [7].

В настоящее время опубликован ряд работ, в которых обосновывается возможность и перспективность использования композиций «эфель+торф» для производства натуральных сорбентов для безотходной очистки сточных вод пищевых предприятий, а также для очистки водных объектов от нефти и нефтепродуктов [8, 9]. Полученные в рамках настоящей работы данные свидетельствуют о том, что сорбенты на основе хвостов обогащения фосфоритов могут не только очищать загрязненные воды от широкого спектра органических веществ, но и эффективно связывать катионы ТМ.

Экологически безопасный состав и выраженные сорбционные свойства позволяют использовать эфель для производства «аквамелиорантов», предназначенных для обеспечения необходимых гигиенических характеристик рыбопродуктивных прудов. Исследования в данном направлении могут иметь большое практическое значение.

Библиографический список

1. Хвосты обогащения фосфоритов Вятско-Камского месторождения как вторичные материальные ресурсы для производства натуральных удобрений / Н. В. Сырчина, Н. Н. Богатырева, Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 102–106. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-102-106.
2. Кутергин А. С., Недобух Т. А., Никифоров А. Ф. Модифицированные сорбенты на основе гранулированного глауконита для очистки природных вод от радионуклидов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление 2016. № 1. С. 99–109.
3. Мэжри Р., Перегудов Ю. С., Горбунова Е. М. Технология получения модифицированных нефтесорбентов // Вестник ВГУИТ. 2020. № 4 (86). С. 247–253.
4. Перспективы использования хвостов обогащения фосфоритов в качестве удобрений для органического земледелия / Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Богатырёва, Г. Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 1. С. 160–166. doi: 10.25750/1995-4301-2020-1-160-166.
5. Глаукониты Вятско-камского фосфоритоносного бассейна / Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Богатырёва, Г. Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 2. С. 117–122. doi: 10.25750/1995-4301-2020-2-117-122.
6. Синельцев А. А., Губина Т. И. Адсорбция катионов Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} гранулированными глауконитовыми сорбентами // Изв. Саратов. ун-та Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2016. № 3. С. 257–262.
7. Волков М. Ю. Перспективный природный алюмосиликат глауконит для детоксикации, дезактивации и защиты организмов от воздействия радиоизотопов // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты : сб. науч. трудов / под общей ред. В. Н. Зеленкова. М. : Изд-во: Российская академия естественных наук, 2017. С. 214–241.
8. Малышева А. В., Сырчина Н. В. Безотходная технология очистки сточных вод предприятий пищевой отрасли // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 кн. Киров : ВятГУ, 2021. Кн. 1. С. 331–335.

9. Малышева А. В., Сырчина Н. В. Натуральные сорбенты на основе отходов обогащения фосфоритов и торфа для очистки воды от нефтепродуктов // Технологии переработки отходов с получением новой продукции : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2021. С. 127–131.

НАТУРАЛЬНЫЙ МЕЛИОРАНТ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ С КАРБОНАТНЫМ ТИПОМ ЗАСОЛЕНИЯ

Н. Н. Иванова, Н. В. Сырчина, Е. В. Мартынова

Вятский государственный университет, bogatyreva_n1994@mail.ru

Состав, включающий серу молотую для сельского хозяйства, хвосты обогащения фосфоритов и кислый верховой торф может быть использован в качестве эффективного мелиоранта почв с содовым типом засоления. Преимуществами мелиоранта являются низкая стоимость, натуральный состав, удобная для внесения гранулированная форма, экологическая безопасность. Лабораторные исследования показали, что через 7 суток после внесения мелиоранта, содержание CO_3^{2-} – ионов в почве снижается в 1,5 раза, содержание подвижной серы увеличивается.

Ключевые слова: содовое засоление почв, мелиоранты, сера молотая, хвосты обогащения фосфоритов, верховой торф.

Карбонатный (содовый) тип засоления обусловлен накоплением в почве растворимых солей угольной кислоты – преимущественно карбонатов и гидрокарбонатов натрия. По десятибалльной шкале токсичности солей в почве карбонату натрия Na_2CO_3 присваивается высший балл – 10 [1]. Высокая токсичность Na_2CO_3 объясняется подщелачиванием почвенного раствора до pH–8,5 за счет гидролиза соответствующей соли. В щелочной среде резко снижается биодоступность многих микроэлементов, изменяется гумусовое состояние, разрушается структура, ухудшается аэрация и водные свойства почвы, угнетается жизнедеятельность почвенных микроорганизмов. Наименее устойчивыми в условиях содового засоления оказываются азотфиксирующие и нитрифицирующие бактерии [2, 3].

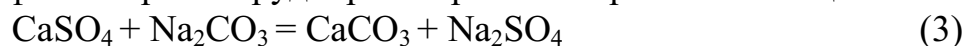
Для восстановления плодородия содово-засоленных почв (СЗП) применяется комплекс мелиоративных мероприятий, направленных на снижение содержания соды в корнеобитаемом горизонте. В отличие от других солей (хлоридов, сульфатов) карбонаты легко разлагаются в кислой среде с выделением CO_2 , что обуславливает возможность устранения содового засоления (СЗ) за счет внесения в почву кислот или кислотообразующих мелиорантов. Хороший мелиорирующий эффект обеспечивает обработка почв раствором серной кислоты, в результате которой из почвенного раствора удаляется сода:



Образующиеся в результате этого процесса NaHCO_3 и Na_2SO_4 проявляют более низкую токсичность, чем Na_2CO_3 (3 и 1 балл по шкале токсичности соответственно). Основным недостатком серной кислоты как мелиоранта является высокая химическая агрессивность. Раствор H_2SO_4 вызывает интенсивную коррозию оборудования и разрушение многих контактирующих с кислотой материалов, попадание раствора на кожу приводит к серьезным химическим ожогам, разбавление концентрированной H_2SO_4 водой требует особых мер безопасности и специальной подготовки работников. Данные недостатки ограничивают интерес к внедрению соответствующего метода в практику.

Хорошей альтернативой серной кислоте может служить молотая сера. В верхнем горизонте почвы в аэробных условиях S подвергается микробиологическому окислению – сульфификации, в результате которой образуются различные кислоты (H_2SO_3 , $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_4$, $\text{H}_2\text{S}_n\text{O}_6$, H_2SO_4), разлагающие соду [4, 5]. К недостаткам S как мелиоранта следует отнести высокую пожароопасность, сильное пыление, раздражающее действие на слизистые оболочки, достаточную эффективность только при внесении в тонкомолотом виде [6].

Кроме раствора H_2SO_4 и молотой S в качестве мелиоранта СЗП может применяться гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), реагирующий с содой с образованием легко вымываемого сульфата натрия и труднорастворимого карбоната кальция:



Основными недостатками этого способа мелиорации является низкая скорость реакции, существенный расход мелиоранта, необходимость промывания почв для удаления ионов Na^+ из почвенного поглощающего комплекса, а также опасность загрязнения почв тяжелыми металлами, поскольку для гипсования обычно используется отход переработки фосфатного сырья – фосфогипс.

Использование H_2SO_4 , S, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ для снижения СЗ направлено на решение одной задачи – снизить pH почвенного раствора за счет разрушения соды. Вместе с тем в настоящее время усиливается интерес к мелиорантам комплексного действия, способным не только снизить pH, но и одновременно улучшить структуру почвы, повысить активность почвенных микроорганизмов, увеличить содержание и биодоступность основных элементов минерального питания растений.

Цель настоящей работы состояла в разработке состава экологически безопасного натурального почвенного мелиоранта комплексного действия для восстановления плодородия СЗП.

В качестве сырья, включаемого в состав мелиоранта, использовали серу молотую для сельского хозяйства (ГОСТ 127.5-93), кислый верховой торф и глауконитсодержащие хвосты обогащения фосфоритов (эфелей) Вятско-Камского месторождения. Основными компонентами эфелей являются глауконит ($65 \pm 5\%$), кварцевый песок, фосфориты мелких фракций, известковые и глинистые материалы.

Соответствующий состав позволил получить мелиорант в удобной для внесения гранулированной форме, содержащей серу в легко окисляемом тон-

кодисперсном состоянии. Основное назначение серы – снижение щелочности, торфа – улучшение структуры и гумусного состояния почвы, эфеля – повышение активности почвенной микробиоты [7], восполнение дефицита фосфора, калия, микроэлементов [8, 9]. За счет глинистых компонентов, входящих в состав эфеля, решалась довольно сложная технологическая задача – получение мелиоранта в форме удобных для внесения достаточно гидрофильных гранул при сохранении S в тонкодисперсном состоянии.

В таблице 1 приведены данные о химическом составе эфеля, включаемого в состав мелиоранта. Для изучения химического состава эфеля использовали фотометрический, атомно-эмиссионный и масс-спектральный методы анализа.

Таблица 1

Химический состав эфеля

Показатель	Содержание	Показатель	Содержание
P ₂ O ₅ , %	4,5–6,1	As, мг/кг	22,1–23,0
K ₂ O, %	2,8–3,5	Cd, мг/кг	0,15–0,18
CaO, %	5,2–6,2	Hg, мг/кг	Менее 0,03
MgO, %	2,9–2,3	Pb, мг/кг	10,7–13,1
S _{общ.} , %	1,5–1,9	Cu, мг/кг	6,1–7,2
Fe _{общ.} , %	15,9–16,2	Zn, мг/кг	118,2–122,0
Al ₂ O ₃ , %	8,8–9,4	Co, мг/кг	92,0–98,2
SiO ₂ , %	46–52	Mo, мг/кг	1,7–1,9

Для моделирования СЗП использовали суглинистый грунт, в который добавляли соду. Мелиорант в СЗП вносили через 7 суток после добавки в грунт соды. Для приготовления мелиоранта сырьевые компоненты измельчали, смешивали и гранулировали.

Поскольку основным действующим компонентом мелиоранта была S, его эффективность сравнивали с мелиорирующим действием серы молотой для сельского хозяйства.

Исследования выполняли в лабораторных условиях. Подготовленные образцы СЗП загружали в пластиковые контейнеры, увлажняли деионизированной водой до влажности 50% и выдерживали в открытом состоянии при температуре 22±2 °С в течение всего эксперимента. При снижении массы контейнера на 5%, в грунт добавляли деионизированную воду. Варианты эксперимента: 1 – СЗП без добавок (контроль); 2 – СЗП с добавкой молотой серы (0,41 г/кг); 3 – СЗП с добавкой мелиоранта. Масса вносимой серы в составе мелиоранта также составляла 0,41 г/кг.

Влияние мелиоранта на свойства СЗП оценивали по таким показателям, как рН_{KCl} (по ГОСТ 26483-85), содержание ионов HCO₃⁻ и CO₃²⁻ (по ГОСТ 26424-85), содержание подвижной серы (по ГОСТ 26490-85), электропроводность водной вытяжки из почвы (по ГОСТ 26423-85). Отбор проб для проведения химического анализа проводили через 7 и 21 день после внесения добавок в СЗП. Эксперимент проводили в 3-х повторностях. Статистическую об-

работку полученных результатов выполняли в программе «Microsoft Excel» по общепринятым методикам.

В таблице 2 приведены данные об изменении содержания карбонатов и гидрокарбонатов в водной вытяжке из почвы после внесения мелиорантов.

Таблица 2

Влияние мелиорантов на содержание карбонатов и гидрокарбонатов в водной вытяжке из почвы

Показатель	Вариант					
	1		2		3	
	7 дней	21 день	7 дней	21 день	7 дней	21 день
pH _{KCl} , ед. pH	9,8±0,1	9,6±0,1	9,8±0,1	9,6±0,1	9,7±0,1	9,6±0,1
HCO ₃ ⁻ , %	0,082± 0,009	0,182± 0,011	0,122± 0,013	0,179± 0,012	0,122± 0,016	0,166± 0,009
CO ₃ ²⁻ , %	0,045± 0,006	0,026± 0,002	0,030± 0,004	0,025± 0,003	0,027± 0,004	0,021± 0,02

Согласно полученным данным, уже через 7 дней после внесения мелиорантов наблюдается снижение содержания CO₃²⁻-ионов в СЗП, по сравнению с контролем, содержание гидрокарбонатов при этом увеличивается. Данный эффект объясняется связыванием ионов H⁺ карбонатами в соответствии с уравнением реакции 1. Одновременное присутствие в почве карбонатов и гидрокарбонатов обуславливает образование карбонатной буферной системы, за счет которой поддерживается постоянный уровень pH, благодаря чему щелочность почвы практически не изменяется.

Через 14 дней наблюдается снижение содержания карбонатов не только в вариантах с добавками мелиорантов, но и в контроле, что можно объяснить естественными процессами связывания карбонатов в искусственно приготовленной почве. Удаление CO₃²⁻-ионов из почвенного раствора может быть обусловлено постепенным образованием малорастворимых карбонатов с катионами кальция, магния, железа. Обменные формы соответствующих катионов присутствовали в исходном грунте, используемом для приготовления СЗП.

В таблице 3 приведены данные о содержании подвижной серы (SO₄²⁻) и электропроводности водной вытяжки из почвы через 3 недели после внесения мелиорантов.

Таблица 3

Влияние мелиорантов на содержание подвижной серы и электропроводность водной вытяжки из почвы

Показатель	Вариант		
	1	2	3
Электропроводность водной вытяжки почвы, мкСм/см	705,0±49,4	825,0±35,8	893,0±21,4
Содержание подвижной серы, мг/кг	6,31±0,22	7,69±0,09	9,75±0,21

Приведенные в таблице 3 данные свидетельствуют о достаточно быстром нарастании концентрации сульфатов в почве при внесении S-содержащих

мелиорантов. В варианте 3, по сравнению с контролем, содержание сульфатов увеличилось более чем на 54%, в варианте 2 – только на 22%. Можно предположить, что включаемые в состав мелиоранта торф и эфель оказывают положительное влияние на активность сероокисляющих микроорганизмов, в результате мелиорирующий эффект вносимого в почву состава повышается. Содержание подвижных сульфатов коррелирует с электропроводностью водной вытяжки из почвы (коэффициент корреляции 0,96). Более высокая электропроводность водной вытяжки в 3-м варианте на фоне постоянных значений pH может быть обусловлена не просто удалением карбонатов из почвенного раствора за счет разложения или связывания, но и заменой их на сульфат-ионы.

Выполненные исследования показывают, что композиция, включающая молотую серу, кислый верховой торф и глауконитсодержащий эфель, может быть использована в качестве достаточно эффективного почвенного мелиоранта для восстановления плодородия содово-засоленных почв. К основным достоинствам соответствующего мелиоранта следует отнести натуральный состав, доступность и низкую стоимость сырьевых компонентов, экологическую безопасность, простую технологию и низкую энергоемкость процесса производства. Внедрение соответствующей технологии в практику позволит не только вывести на рынок новый эффективный агропрепарат, но и реализовать безотходную технологию переработки добываемых фосфоритов.

Библиографический список

1. Манжина С. А. К вопросу выявления химизма и степени засоления почв: российские и зарубежные практики // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11, № 3. С. 163–181. doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-163-181
2. Ибраева М. А., Шаухарова Д. Е., Джуманова М. Влияние засоления почв на микробиологическую активность // Почвоведение и агрохимия. 2020. № 2. С. 71–78.
3. Гумусное состояние лугово-аллювиальных почв Бухарского оазиса при разных степенях и типах засоления / Т. К. Ортиков, Х. Т. Артикова, О. Р. Умаров, З. Х. Бафоева // Вестник Хорезмской академии Маъмуна. 2020. № 8. С. 219–222.
4. Миккельсен Р., Нортон Р. Сера в почвах и серосодержащие удобрения // Питание растений. 2014. № 3. С. 6–9.
5. Сырчина Н. В., Соловьева Н. А., Кожевникова А. С. Применение молотой серы в качестве удобрения // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2017. С. 148–151.
6. Состав и технология производства серного удобрения с активированным торфом и глауконитовым эфелем / Ю. Н. Терентьев, Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 134–141. doi: 10.25750/1995-4301-2019-3-134-141.
7. Кондакова Л. В., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Влияние хвостов обогащения фосфоритов, используемых в качестве удобрения, на почвенные альгоцианобактериальные сообщества // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 174–180. doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-174-180.
8. Хвосты обогащения фосфоритов Вятско-Камского месторождения как вторичные материальные ресурсы для производства натуральных удобрений / Н. В. Сырчина,

Н. Н. Богатырёва, Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С.102–106. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-102-106.

9. Богатырёва Н. Н., Потапова И. А., Сырчина Н. В. Мелиорант на основе хвостов обогащения фосфоритов для восстановления плодородия содово-засоленных // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2021. С. 441–444.

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛЯТА ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА ДЫХАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ И ТОКСИЧНОСТЬ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

А. А. Вершинин, А. А. Утомбаева, Т. В. Кузнецова, А. М. Петров

*Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан, A-vershinin@mail.ru*

Показана возможность применения гранулированных осадков сточных вод (ОСВ) очистных сооружений г. Казани для стимуляции микробного сообщества нефтезагрязненной серой лесной почвы. Внесение ОСВ в дозе 1–6% приводило к увеличению микробной биомассы, пропорциональному концентрации увеличению интенсивности почвенного дыхания, повышению стабильности почвенного микробоценоза. Низкие дозы ОСВ стимулировали деградацию углеводородов нефти, приводили к снижению токсичности почвы. Дозы ОСВ до 2% не приводили к значительному увеличению эмиссии CO₂ в атмосферу.

Ключевые слова: осадки сточных вод (ОСВ), почвенное дыхание, микробная биомасса, токсичность.

Эксплуатация биологических очистных сооружений в крупных городах РФ приводит к образованию больших объемов осадков сточных вод (ОСВ) представляющих собой смесь осевших в первичных отстойниках веществ и избыточного активного ила. В ближайшем прошлом в большинстве случаев образующиеся осадки складировались на иловых картах, что приводило к загрязнению атмосферного воздуха, отрицательно сказывалось на санитарной обстановке на прилегающей территории, создавало потенциальную опасность загрязнения поверхностных и подземных вод. Данная проблема характерна и для иловых полей города Казани на площади в 100 га которых складированы сотни тысяч тонн требующих переработки полужидких отходов [1]. Необходимость детоксикации и утилизации вновь образующихся ОСВ требует поиска путей утилизации.

На очистных сооружениях МУП «Водоканал» г. Казани построен цех и внедрена технология термомеханической обработки ОСВ. Обезвоживание и сушка осадка приводят к образованию не содержащего БГКП, достаточно устойчивого к воздействию влаги «Гранулята». Состав гранулята (табл. 1) показывает, что в нем содержится большое количество органических и мине-

ральных веществ, и он потенциально может быть использован в качестве удобрения, для рекультивации загрязненных и деградированных почв.

В настоящее время серьезную проблему представляет собой рекультивация нефтезагрязненных почв. Для ускорения восстановления их свойств и плодородия используются разные приемы [2–5]. Физико-химические характеристики высушенных ОСВ, показывают, что они могут быть использованы для биологической рекультивации нефтезагрязненных почв.

Таблица 1

Характеристики гранулированных осадков сточных вод

Влажность, %	Орг. в-во, %	Зольность, %	N _{общ.} , %	P _{общ.} , %	pH _{сол.}	Класс опасности
5–10	54,0–60,6	39,4–46,0	1,4–2,0	1,3–1,5	5,8–6,6	IV

Цель исследования – изучить влияние внесения разных доз гранулированного ОСВ на респираторную активность и токсические свойства нефтезагрязненной серой лесной среднесуглинистой почвы.

В работе использована условно технически рекультивированная (перемешивание и увлажнение) нефтезагрязненная серая лесная среднесуглинистая почва Республики Татарстан (табл. 2), содержание НП в которой, определенное сопоставлением потерь при прокаливании массы образцов чистых и загрязненной нефтью почвы [6], составило 29,2 г/кг, ИК-спектрометрическим методом (ПНД Ф 16.1:2.2.22-98) – 9,2 г/кг.

Таблица 2

Характеристики незагрязненной серой почвы

Гу-мус, %	C _{орг.} , %	P _{подв.}	K _{по} дв.	рН вод- ный	N _{вал.} , %	Гранулометрический состав, %						
		мг/100г				1– 0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	<0,001	<0,01
4,4	2,8	10,3	8,1	6,25	0,21	0,24	42,71	22,45	18,35	8,9	7,35	34,6

В опытный загрязненный нефтью образец были внесены ОСВ в концентрации 1, 2, 4 и 6%. Пробы увлажнялись до 20–25% от полной влагоемкости и инкубировались при периодическом перемешивании и увлажнении в течение 42 суток.

Параметры дыхательной активности почвы устанавливали согласно [7–9]. Токсичность проб определяли согласно [10] с использованием семян пшеницы яровой (*Triticum vulgare* L.). Контролем служила чистая серая лесная почва.

Базальное дыхание отражает интенсивность минерализации органического вещества почвы. В экспериментах с ОСВ установлены чрезвычайно высокие показатели эмиссии CO₂. Как правило, в разных типах почв V_{базал} располагается в интервале 1–7 мкг CO₂/г·час. В наших экспериментах выявленные через 2 недели инкубации значения V_{базал} при максимальной концентрации ОСВ составили 49,84 мкг CO₂/г·час (рис. 1 А). На 7 сутки инкубации V_{базал} почв с гранулятом превосходило соответствующие параметры

контрольной почвы в 1,40–3,10 раза в зависимости от дозы ОСВ. По истечении 42 суток уровень базального дыхания снижался и превышал контрольные показатели в 1,1–1,9 раз. $V_{\text{базал}}$ при содержании ОСВ в почве 4–6% достигала предельных значений.

Субстрат-индуцированное дыхание характеризует активность почвенной микрофлоры. В отличие от $V_{\text{базал}}$, у $V_{\text{сид}}$ в испытанном диапазоне концентраций ОСВ не были достигнуты предельные значения эмиссии CO_2 . Некоторое замедление $V_{\text{сид}}$ происходило на 42 сутки инкубации (рис. 1Б).

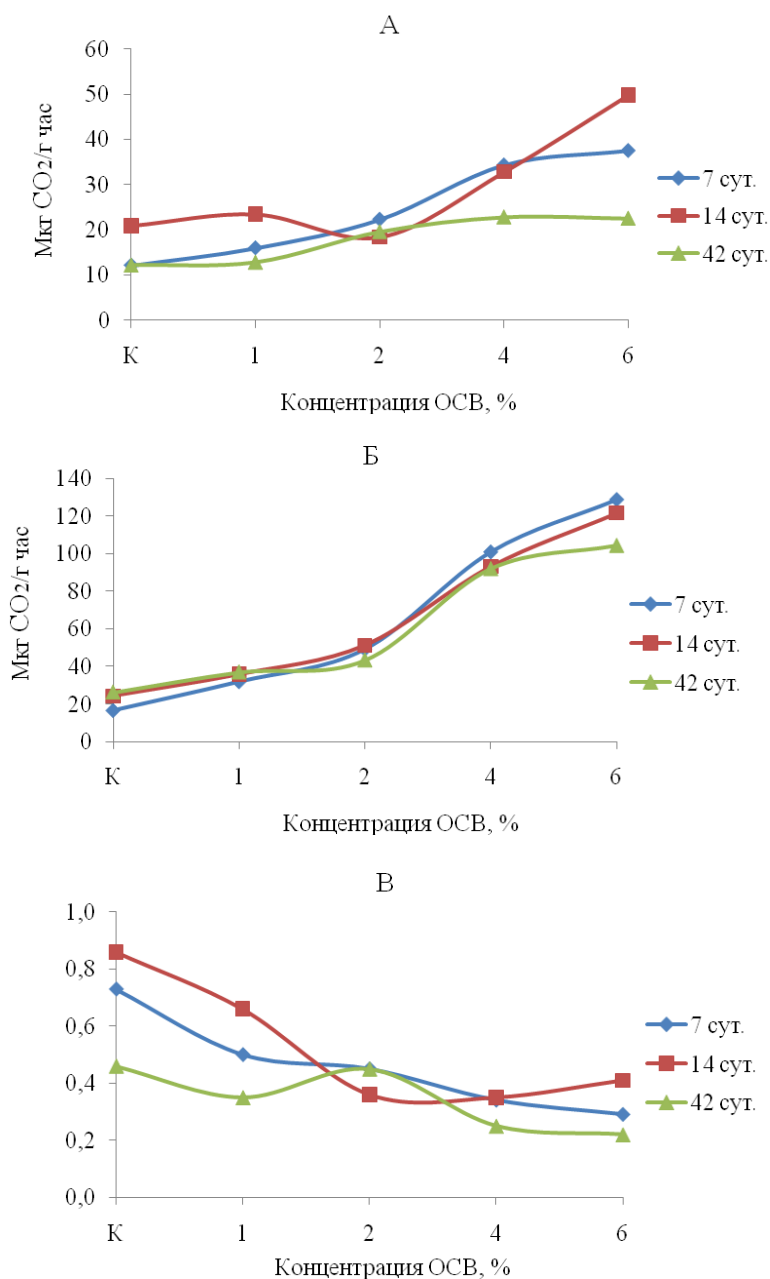


Рис. 1. Влияние гранулята ОСВ на дыхательную активность нефтезагрязненной серой лесной почвы. А – $V_{\text{базал}}$; Б – $V_{\text{сид}}$; В – Q_r .

Отбор проб через 7, 14, 42 суток инкубации

На разных этапах опыта значения $V_{\text{сид}}$ почв с гранулятом превосходили показатели контрольной почвы в 4,0–7,7 раз. В исходных образцах кон-

трольной нефтезагрязненной почвы в течение эксперимента обнаруживали повышенные значения Q_r (0,46–0,86). Это отражает нарушение устойчивости системы почвенных организмов, находящихся в условиях воздействия нефтепродуктов.

Внесение гранулята в почву приводило к снижению коэффициента микробного дыхания, что указывает на стабилизацию микробного пула (рис. 1В).

ОСВ стимулировал рост микробной биомассы в почве. Максимальные значения $S_{мик}$ обнаруживались при внесении 6% гранулята (табл. 3).

Таблица 3

Содержание микробного углерода ($S_{мик}$) в нефтезагрязненной серой лесной почве (Мкг С/г)

Время инкубации (сутки)	Концентрация гранулята ОСВ, %				
	Без гранулята	1,0	2,0	4,0	6,0
7	336,0	643,3	988,9	2026,2	2584,0
14	487,8	678,8	1030,2	1874,1	2445,3
42	527,4	724,4	871,5	1846,7	2096,4

Таким образом, ОСВ стимулируют, как базальное, так и субстрат-индуцированное дыхание. Высокие показатели эмиссии CO_2 отражают интенсивные процессы разложения НП в нефтезагрязненной почве. Снижение значений Q_r указывает на возрастание стабильности сообщества почвенных микроорганизмов.

Проведенный через 6 недель инкубации токсикологический анализ показал, что на нефтезагрязненном образце почвы без ОСВ наблюдается 33% ингибирование роста корней пшеницы (рис. 2).

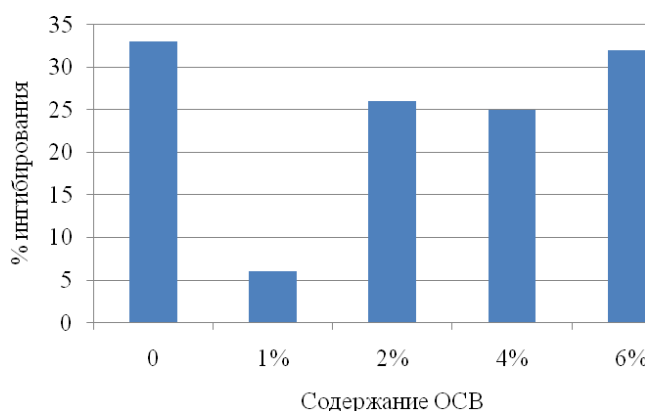


Рис. 2. Влияние дозы гранулята ОСВ при инкубации нефтезагрязненной почвы на рост корней пшеницы (длина корней на чистой почве – 100%)

Токсичность образцов содержащих 2–6% ОСВ мало отличалась от вышерассмотренного варианта (ингибирование 26–32%), тогда, как в образце с 1% ОСВ интенсивность роста корней пшеницы достоверно не отличалась от

роста на чистой почве (6%), что указывает на активное протекание в нем метаболических процессов.

Полученные результаты показывают, что:

– внесение гранулята в дозах 1–6% приводит к увеличению содержания микробной биомассы, многократному повышению интенсивности дыхания нефтезагрязненных почв, снижению разбалансированности метаболических процессов;

– низкие дозы гранулята стимулируют деструкцию углеводов нефти, приводят к снижению токсичности почвы. Высокие дозы гранулята, вероятно, переключают метаболизм на разложение содержащегося в ОСВ легкодоступного субстрата, снижают углеводородокисляющую активность почвенного микробоценоза;

– внесение гранулята в дозе до 2% не приводит к значительному увеличению эмиссии CO₂ в атмосферу;

– получаемый при термомеханической обработке ОСВ биологических очистных сооружений г. Казани гранулят, может быть использован для рекультивации нефтезагрязненных почв.

Библиографический список

1. Шагидуллин Р. Р., Петров А. М., Иванов Д. В. Подходы к рекультивации иловых карт биологических очистных сооружений города Казани // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. № 3. С. 18–23.

2. Эффективность мелиорантов на основе активированного торфа для восстановления нефтезагрязненных почв / Т. П. Алексеева, Т. И. Бурмистрова, Л. Д. Стахина, Н. Н. Терещенко // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 2 (22). С. 43–51.

3. Гилязов М. Ю., Яппаров А. Х., Гайсин И. А. Нефтезагрязненные почвы Республики Татарстан и приемы их рекультивации. Казань : Центр инновационных технологий, 2008. 244 с.

4. Физиологическая активность почв при разных уровнях нефтяного загрязнения / Л. К. Каримуллин, А. М. Петров, А. А. Вершинин, Н. В. Шурмина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 4-4. С. 797–803.

5. Использование сорбентов в рекультивации нефтезагрязненной почвы при выращивании *Vicia Sativa* L. / Г. Ф. Рахманова, Н. Л. Шаронова, И. А. Яппаров, И. А. Дегтярева, А. М. Ежкова, М. М. Ильясов, Р. Х. Гизатуллин, Н. Ш. Хисамутдинов // Достижения науки и техники АПК. 2017. Вып. 7. С. 59–62.

6. Игнатьев Ю. А., Зайнулгабидинов Э. Р., Петров А. М. Применение метода прокаливания для определения содержания аллохтонных углеводов нефти в серых лесных почвах // Российский журнал прикладной экологии. 2018. № 3. С. 34–37.

7. Методические аспекты определения скорости субстрат-индуцированного дыхания почвенных микроорганизмов / Н. Д. Ананьева, Е. В. Благодатская., Д. Б. Орлинский, Т. Н. Мякшина // Почвоведение. 1993. № 11. С. 72–77.

8. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М. : МГУ, 1991. 304 с.

9. Anderson T. H., Domsch K. H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978. Vol. 10. P. 215–221.

10. МР 2.1.7.2297-07. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности. 2.1.7. Почва. Очистка населенных мест. Бытовые и промышленные отходы.

ВЫБОР РАСТВОРИТЕЛЯ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ БЕТУЛИНА ИЗ КОРЫ БЕРЕЗЫ

А. Я. Князев, К. В. Пермякова, С. В. Девятерикова
Вятский государственный университет,
usr22331@vyatsu.ru, stud2445@vyatsu.ru, usr01730@vyatsu.ru

В статье представлен результат подбора растворителя из ряда полярных и неполярных для эффективной экстракции бетулина из березовой коры. Показано, что максимальный выход бетулина получен при применении полярных растворителей, а именно 1-бутанола.

Ключевые слова: бетулин, кора березы, экстракция, перекристаллизация, 1-бутанол.

Соединениями, сочетающими доступность с ценной биологической активностью, являются тритерпеноиды лупанового ряда [1]. Это бетулин (рис. 1) и его производные. Бетулин содержится в большом количестве растений (орешник, календула, солодка и пр.), но в промышленных масштабах его можно получить только экстракцией из бересты [2].

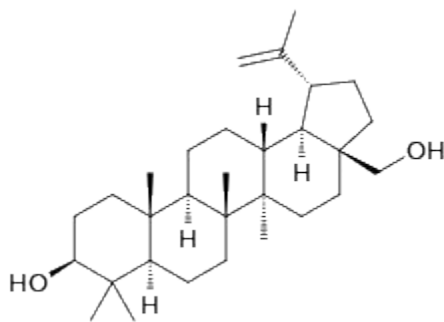


Рис. 1. Структурная формула бетулина

Результаты патентного поиска противоречивы. Так, приведены данные о возможности экстракции бетулина из березовой коры как неполярными растворителями, так и полярными.

Таким образом, выбор растворителя для экстракции бетулина из коры березы является актуальным.

Бетулин извлекали из березовой коры по следующей методике. 56 г тонко размолотой березовой коры или бересты заливали 0,3 л растворителя и нагревали при температуре ниже температуры кипения растворителя в течение 2 часов. Массу фильтровали на нутч-филтре, из фильтрата отгоняли

большую часть растворителя. Остаток оставляли для кристаллизации на не менее 16 часов при комнатной температуре, промывали водой для удаления остаточного растворителя. Кристаллы бетулина высушивали до постоянной массы.

Константы применяемых в работе как полярных, так и неполярных растворителей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Температуры кипения растворителей

Растворитель	Температура кипения, °С	Дипольный момент $\mu \cdot 1030$, Кл·м
1-бутанол	117,4	5,54
Четыреххлористый углерод	76,72	0,00
Ацетон	56,00	9,10-9,70
Этилацетат	77,10	5,94
Гексан	69,00	0,08
Бензол	80,10	0,00

Результаты прямой экстракции коры, включая луб (56 г), различными растворителями приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты прямой экстракции коры березы
различными растворителями**

Растворитель	Масса неочищенного продукта, г	Выход неочищенного продукта, %	Т _{пл} , °С		Δ Т _{пл} , °С	
			опыт 1	опыт 2	опыт 1	опыт 2
1-бутанол	8,3157	14,85	216– 233	222– 229	17	7
Этилацетат	6,1900	11,00	203–213		10	
Ацетон	4,9068	8,76	184–210		26	
Бензол	1,6500	2,95	210–220		10	
CCl ₄	0,9995	1,78	212–213		1	
Гексан	0,2100	0,38	—		—	

Как видно из таблицы 3, максимальный выход бетулина был получен при использовании полярных растворителей (1-бутанол, этилацетат, ацетон) и составляет 8,76–14,85%. Следует учесть, что бетулин выделяли из коры бересты, не отделяя ее от луба. Бетулин же содержится только в бересте. Таким образом, предполагается, что при экстракции бетулина из бересты процент выхода увеличится. Судя по литературным источникам, содержание бетулина во внешней части коры составляет 10–44%.

Кроме того, температура плавления бетулина, экстрагированного 1-бутанолом, максимально приближена к значениям, приведенным в литературных источниках (240–250 или 257–259 °С в разных литературных источниках), что позволяет идентифицировать продукт как бетулин. Интервал температур плавления (от появления первых капель до полного расплавления продукта) составил 7–17 °С, т. е. бетулин недостаточно чистый.

Интервал температур плавления бетулина, экстрагированного полярными этилацетатом и ацетоном, составляет 10–26 °С, что также характеризует продукт как недостаточно чистый. Кроме того, их температуры плавления отличаются от литературных значений более существенно.

Выход бетулина, полученного экстракцией неполярными растворителями (бензол, четыреххлористый углерод, гексан), мал (0,38–2,95%). Температуры плавления отличаются от литературных значений.

Бетулин, полученный экстракцией бензолом, не смогли поместить в капилляр для определения температуры плавления из-за его физических особенностей (вязкость, липкость).

Очистка перекристаллизацией

Очистке перекристаллизацией подвергали бетулин, полученный экстракцией 1-бутанолом и этилацетатом, так как их количество позволяло ее провести. Результаты перекристаллизации полученных продуктов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты первой перекристаллизации полученных продуктов

Растворитель	Масса неочищенного продукта, г	Масса очищенного продукта, г	Выход очищенного продукта, %	Т _{пл} , °С		Δ Т _{пл} , °С	
				1 опыт	2 опыт	1 опыт	2 опыт
1-бутанол (образец № 1п)	5,00	1,94	38,8	235–240	235–240	5	5
Этилацетат	5,00	0,00	0,0	–	–	–	–

Как видно из таблицы 3, потери бетулина, экстрагированного этилацетатом, составили 100%. Что касается бетулина, экстрагированного 1-бутанолом (образец № 1), то его выход составил 38,8%, а температура плавления воспроизводится в параллельных опытах и максимально приближена к литературным данным. Интервал плавления невелик (5 °С), т. е. продукт можно идентифицировать как бетулин, причем достаточно чистый. Разница между неочищенным и очищенным бетулином видна визуально.

Как видно, оптимальным растворителем для экстракции бетулина из коры березы из ряда исследованных растворителей признан 1-бутанол.

Библиографический список

1. Бетулин и его производные / Г. А. Толстиков, О. Б. Флехтер, Э. Э. Шульц, Л. А. Балтина, А. Г. Толстиков // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 13. С. 1–30.
2. Погребняк Л. В., Погребняк А. В. Перспективы использования внешней коры деревьев и кустарников семейства березовые (Betulaceae) в качестве источника биологически активных и вспомогательных веществ // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. № 5. С. 174–178.
3. Совершенствование методов выделения, изучение состава и свойств экстрактов березовой коры / Б. Н. Кузнецов, С. А. Кузнецова, В. А. Левданский, И. Г. Судакова, О. Ф. Веселова // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 13. С. 391–400.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Н. А. Тарбеева, О. А. Рублева

*Вятский государственный университет,
nataly.ntar534@yandex.ru, olga_ru@vyatsu.ru*

В настоящее время остро стоящая в деревообрабатывающей промышленности проблема переработки древесных отходов требует не только экономически выгодных, но и экологически ориентированных технологических решений. В статье представлены варианты технологических решений, направленных на эффективное использование древесных отходов и повышение экологичности деревообрабатывающих производств.

Ключевые слова: комплексная переработка древесины, древесные отходы, экологичность производства, инновационные технологии.

В условиях рыночной экономики и жесткой конкуренции целью разработки и внедрения инновационных технологий во всех сферах производства является получение максимальной прибыли [1]. В деревообрабатывающей промышленности повышению эффективности производства и увеличению его прибыли способствует комплексная переработка древесины [2]. Основой комплексной переработки древесины является переработка древесных отходов [3]. В нашей стране эффективность переработки и использования древесных отходов как вторичного древесного сырья остается на низком уровне, что обусловлено влиянием ряда факторов:

- организация производственных мощностей по переработке древесных отходов требует значительных капитальных вложений, что делает процесс их переработки для мелких и средних предприятий экономически не эффективным;

- широкий разброс размерно-качественных характеристик древесных отходов затрудняет их переработку. Такая ситуация в отрасли приводит к образованию значительного количества несанкционированных свалок и полигонов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и представляющих потенциальную угрозу безопасности населения [4].

Вместе с тем, согласно Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, утвержденной указом президента РФ от 02.07.2021 № 400 [5], одним из стратегических национальных приоритетов страны является экологическая безопасность и рациональное природопользование. В этой связи повышение эффективности использования древесных отходов является актуальной задачей, решение которой будет способствовать не только увеличению прибыльности деревообрабатывающих производств, но и повышению их экологичности.

Для решения поставленной задачи на кафедре машин и технологии деревообработки Вятского государственного университета реализуется научный проект по разработке технологий изготовления мебельных и столярно-строительных изделий из низколиквидной древесины и древесных отходов. Исследования включают направления переработки как кусковых, так и мягких древесных отходов [6–8].

Одним из направлений исследований является разработка технологии сращивания заготовок на прессованные шиповые соединения [6, 9]. Технология позволяет эффективно использовать кусковые отходы лесопиления и деревообработки в виде короткомерных отрезков для изготовления крупногабаритной продукции (клееных заготовок, мебельного щита.) (рис. 1). В отличие от традиционного способа формирования шипов и проушин фрезерованием, прессование позволяет снизить энергоемкость процесса, увеличить стойкость инструмента, повысить качество соединений.

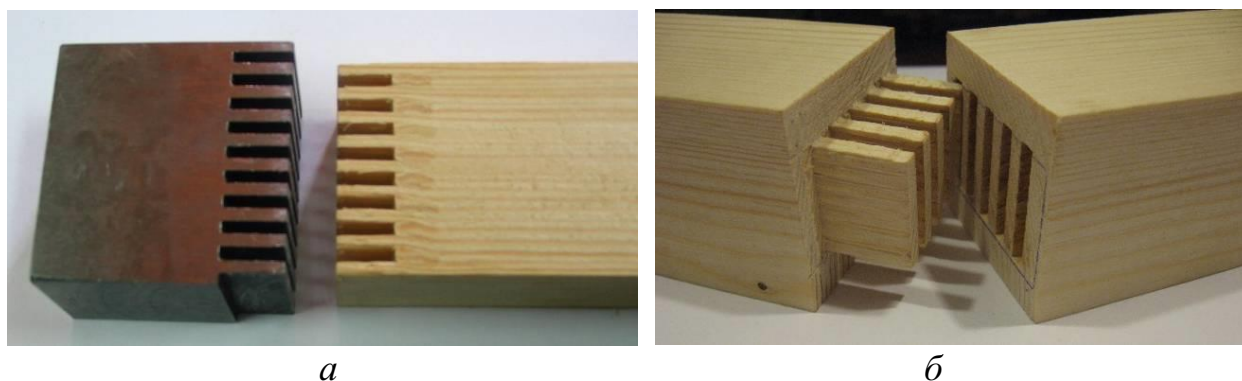


Рис. 1. Примеры заготовок с прессованными шипами:

- а* – инструмент для формирования шипов и проушин и деталь соединения,
б – вариант соединения на закрытые шипы

Другим направлением исследований, способствующим эффективному использованию кусковых древесных отходов, является изготовление из них облицовочных изделий с высокими эксплуатационными свойствами для отделки стен жилых и офисных интерьеров. Для этого предложена конструкция облицовочной панели, учитывающая размерно-качественные характеристики кусковых древесных отходов (рис. 2) и технология ее изготовления, включающая совокупность операций обжига, браширования, прессования и термической обработки [10]. Предлагаемое решение позволяет заменять дефицитные твердолиственные ресурсы доступным сырьем.

Третьим направлением исследований является разработка технологии изготовления декоративных элементов из древесно-композиционных материалов [11]. Путем горячего прессования композиционного материала на основе древесных опилок без применения синтетических связующих имеется возможность изготавливать детали небольших габаритов разнообразного профиля, которые могут быть использованы для декорирования предметов мебели или в качестве самостоятельных предметов интерьерного декора (рис. 3). В настоящее время получены экспериментальные образцы, удовлетворяющие

основным требованиям по прочностным параметрам и качеству поверхности (рис. 4). Предлагаемая технология за счет использования в качестве основного сырья мягких древесных отходов позволяет существенно снизить затраты на изготовление продукции.



Рис. 2. Облицовочная панель из кусковых древесных отходов

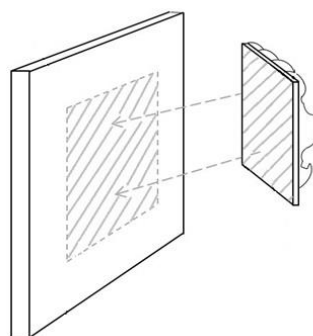


Рис. 3. Схема крепления декоративного элемента при помощи клея



Рис. 4. Экспериментальные образцы из древесно-композиционного материала

Таким образом, предлагаемые технологические решения по переработке древесных отходов позволяют изготавливать высококачественную продукцию различного назначения, что способствует комплексному использованию древесного сырья, получению дополнительной прибыли деревообрабатывающими производствами, а главное, повышению их экологичности и снижению негативного влияния на окружающую среду.

Библиографический список

1. Общая оценка эффективности инновационной деятельности [Электронный ресурс]. – URL: <https://poznayka.org/s15608t1.html> (дата обращения: 18.03.2022).
2. Мещерякова Е. В. Глубокая переработка древесины – направления повышения эффективности // Развитие инновационной экономики и проблема внедрения достижений науки в систему производства высокотехнологичной продукции : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. Минск : Гипросвязь, 2011. С. 24–28.

3. Борзунова А. Г., Зиновьева И. С. Комплексная переработка древесного сырья. Утилизация древесных отходов // Успехи современного естествознания. 2012. № 4. С. 180–181.
4. Сергиенко А. В., Яцун И. В. Необходимость рационального использования отходов деревообработки // Наука и образование сегодня. 2017. № 1 (12). С. 12–13.
5. О стратегии национальной безопасности Российской Федерации : указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47046> (дата обращения: 21.03.2022).
6. Рублева О. А. Технология формирования клеевых соединений на прессованные шипы // Деревообрабатывающая промышленность. 2020. № 3. С. 19–26.
7. Патент 2754909 Российская Федерация, МПК E04F 13/08. Способ изготовления облицовочной панели из упрочненной древесины / Рублева О. А., Тарбеева Н. А.; заявитель и патентообладатель ВятГУ. № 2020139525; заявл. 02.12.2020; опубл. 08.09.2021. Бюл. № 25. 7 с.
8. Патент 2695387 Российская Федерация, МПК 47В 96/00, В44С 1/24, В29С 43/00, В29С 70/58. Способ декорирования фасадов / Рублева О. А., Паскарь В. С.; заявитель и патентообладатель ВятГУ. № 018131791; заявл. 03.09.2018; опубл. 23.07.2019. Бюл. № 21. 3 с.
9. Рублева О. А., Гороховский А. Г. Экспериментальная оценка прочности склеивания древесины по длине на прямоугольные прессованные шипы // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 3 (375). С. 128–142.
10. Тарбеева Н. А., Рублева О. А. Инновационная технология изготовления экологически чистой отделочной плитки на основе древесины // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы : материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Рубцовск : РИИ АлтГТУ, 2018. Ч. 2. С. 157–163.
11. Паскарь В. С., Рублева О. А. Декорирование современных мебельных фасадов элементами из древесных композиционных материалов при имитации исторических образцов мебели // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России» : материалы XV Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. С. 109–112.

ПОЛУЧЕНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ РИСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

И. Д. Твердов, К. А. Мишагин, Е. М. Готлиб

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
idtverdov@gmail.com, mishagin_kirill@mail.ru, egotlib@yandex.ru*

В статье представлен способ переработки отходов риса и применение полученных продуктов для изготовления композиционных материалов. Полученный продукт является альтернативой природному наполнителю. Представлены результаты сравнения характеристик наполнителей.

Ключевые слова: рисовая шелуха, наполнители, оксид кремния, силикат кальция.

Рис занимает второе место по объемам посевов после пшеницы и является одним из наиболее значимых пищевых продуктов в мире. В мире ежегодно в результате обмолота образуется около 600 млн тонн отходов рисовой шелухи (РШ) [1]. Проблема утилизации заключается в том, что в ней содер-

жится оксид кремния (SiO_2), который не распадается в почве и не сгорает в обычных условиях, переходя в другие кристаллические фазы [2]. Поэтому возникает потребность в переработке РШ. Одним из эффективных вариантов переработки является получение силикатов на основе оксида кремния, содержащегося в РШ, например, силикатов кальция.

Силикат кальция (CaSiO_3) является эффективным наполнителем полимерных материалов, обеспечивающий высокий уровень их эксплуатационных характеристик [3], в то время как двухкальциевый силикат является примесью. К сожалению, минерально-сырьевая база природного силиката не может покрыть всех потребностей современного производства [4]. Поэтому необходимым является получение синтетического силиката кальция, например, с помощью твердофазного синтеза оксидов кальция и кремния.

Источником оксида кальция может являться карбонат кальция [5, 6], а источником оксида кремния может послужить зола рисовой шелухи, которая содержит до 90% оксида кремния.

Методом рентгенофазового анализа [7] проведено сравнение полученного продукта с природным силикатом кальция (табл. 1).

Таблица 1

Содержание силикатов кальция в наполнителях

Наполнитель	CaSiO_3 , %	Ca_2SiO_3 , %
Полученный продукт	70	30
Природный образец	80	20

Для получения эпоксидных композиций использовалась диановая смола марки ЭД-20, отверждаемая аминоалкилфенолом (АФ-2). В качестве наполнителей применялись: синтетический силикат кальция, полученный на основе золы рисовой шелухи и известняка, а так же природный силикат кальция. Испытания на износостойкость эпоксидных материалов проводились на вертикальном оптиметре ИЗВ-1 при следующем режиме: удельное давление контртела на испытываемую поверхность образца $P = 1$ МПа, скорость скольжения $V_{\text{ск}} = 1$ м/сек, без смазки.

Наполнение эпоксидных композиций, как природным, так и синтетическим силикатом кальция существенно, примерно на 30%, увеличивает их износостойкость (табл. 2). Этот эффект практически одинаков для обоих исследуемых наполнителей.

Таблица 2

Износостойкость эпоксидных материалов

Тип наполнителя	Износ, $\times 10^{-6}$, м
Не наполненный полимер	19
Полимер, наполненный природным силикатом кальция	12
Полимер, наполненный синтетическим силикатом кальция	13

Библиографический список

1. Гулая Ю. В., Дворницин А. А., Лим Л. А. Перспективы применения отходов сельскохозяйственных культур в производстве полимерных композитов // Молодой ученый. 2017. № 21. С. 27–30.
2. Сорока П. И. Физико-химические основы процесса получения диоксида кремния из рисовой шелухи // Вестник нац. техн. ун-та «ХПИ». 2010. № 10. С. 124–134.
3. Волластонит – эффективный наполнитель резин и композиционных материалов на основе линейных и сетчатых полимеров : монография / Е. М. Готлиб, Р. В. Кожевников, Д. Ф. Садыкова, А. Р. Хасанова, Э. Р. Галимов, Е. С. Ямалеева. Германия : Lambert Publishing, 2017. 161 с.
4. Мировой рынок волластонита. Анализ состояния и перспектив развития производства строительных материалов в Республике Казахстан. Алматы : АО «Центр маркетингово-аналитических исследований», 2004. С. 216–223.
5. Synthesis and Characterization of Nano-Wollastonite from Rice Husk Ash and Limestone/ I. Hamisah, S. Roslinda, A. H. Muhammad Azmi, J. Azman // Materials Science Forum. 2013. Vol. 756. P. 43–47.
6. Вернер В.Ф., Бишимбаев В. К., Худякова Т. М. Физико-химические особенности кристаллизации в фосфорношлаковых шихтах при получении синтетического волластонита // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2012. Т. 55. № 8. С. 68–72.
7. Получение наполнителей эпоксидных материалов на основе рисовой шелухи / Е. М. Готлиб, Х. Т. Н. Фьонг, Г. Г. Исламова, Е. С. Ямалеева, Т. З. Лыгина // Полимеры в строительстве: научный Интернет-журнал. 2019. Т. 7. № 1. С. 26–35.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПОПАДАНИЯ ИОНОВ КОБАЛЬТА В ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ю. Н. Зыкина, А. А. Бабина, С. Л. Фукс
Вятский государственный университет,
stud106000@vyatsu.ru, stud105996@vyatsu.ru, tzb_fuks@vyatsu.ru

Проведено исследование процесса формирования кобальтсодержащих донных отложений. Моделирование процесса формирования донных отложений показало, что вблизи донных отложений реки частицы гидроксида кобальта образуют рыхлый гидратированный осадок, физическое состояние которого зависит от pH водного объекта. Последующее изменение состояния гидроксида кобальта приводит к формированию донных отложений.

Ключевые слова: ионы кобальта, сточные воды, очистка, донные отложения.

Хозяйственное освоение северо-восточной равнинной части Европы характеризуется развитием сельскохозяйственного производства, и приоритетным направлением для получения высоких и устойчивых урожаев в сложных почвенно-климатических условиях является проведение осушительных работ на тяжелых по механическому составу, переувлажненных почвах [1]. На

формирование их химического состава оказывает влияние присутствие в речных водах и донных отложениях тяжелых металлов. Тяжелые металлы (ТМ) относятся к приоритетным загрязняющим веществам гидросферы. Источниками поступления ТМ в водные объекты являются предприятия черной металлургии и машиностроения. Соединения ТМ относятся к 1–3 классам опасности, обладают высокой токсичностью и способностью консервироваться в различных компонентах экосистем.

В связи с этим оценка загрязнения кобальтом донных отложений малых рек, подверженных существенному антропогенному воздействию, является актуальной задачей.

Донные отложения – это донные наносы и твердые частицы, образовавшиеся при седиментации в результате внутриводоемных физико-химических и биохимических процессов, на дно водного объекта. Они включают вещества как естественного, так и техногенного происхождения [2]. Эти процессы являются важнейшими характеристиками условий формирования донных отложений, которые зависят от состава веществ, попадающих в водоток при сбросе в него очищенных сточных вод. Твердые частицы в виде тонкодисперсной глины и песка, обладающие повышенной сорбционной емкостью, накапливают загрязняющие вещества, что является определяющим условием существования аквасистемы. Оценка содержания различных элементов в водных системах основана на анализе химического состава образцов воды. Однако в большинстве водных систем концентрации загрязняющих веществ во взвешенных веществах и в верхних слоях донных отложений намного выше, чем концентрации веществ, растворенных в толще воды. Для установления источников поступления загрязняющих веществ определяется их содержание в растворенной и взвешенной форме в объеме водотока, проводится изучение их миграции и осуществляется моделирование процессов переноса в водных системах и окружающей среде.

Соединения кобальта попадают в водоемы со сточными водами металлообрабатывающих, химических, металлургических заводов, в результате процессов выщелачивания их из руд. Некоторое количество кобальта поступает в результате вымывания из почв его подвижных форм.

Кобальт влияет на обмен и биологическое действие кальция и фосфора. При дефиците кобальта в воде снижается их утилизация моллюсками и другими водными животными. В то же время Co^{2+} снижает активность сукцинатгидрогеназы и цитохромоксидазы [3]. При изучении системы водоемов показано, что присутствующий в сточных водах кобальт попадает в донные отложения и совместно с другими тяжелыми металлами оказывает значительное влияние на экологическое состояние рек. Анализ литературных данных [4–6] показал, что в водоемах, донных отложений присутствует значительное количество ТМ.

Целью исследований являлось определение формы присутствия кобальта в водах и донных отложениях в зависимости от некоторых факторов среды.

Для изучения состава донных отложений использовалась сточная вода металлургического производства с фоновым содержанием всех примесей не выше ПДК_{р.х.} В эту воду добавлялись ионы кобальта (2+) в количестве, соответствующем очищенной сточной воды металлургического производства, что соответствовало 0,1 мг/л. Кобальт в сточной воде при концентрации 7,13 г/л находился в виде гидроксида кобальта. Высокое содержание кобальта (2+) в модели сточной воды обусловлено размерами кювет спектрофотометра, равным 17,5 мл. При добавлении в кобальтсодержащий раствор гидроксида натрия происходило образование окрашенной взвеси. Величина pH гидратообразования кобальта, $\text{Co}(\text{OH})_2$ равного 6,6–7,6 при концентрации ионов Co^{2+} от 1 до 0,01 М. При полном осаждении до остаточной концентрации ионов кобальта в растворе $<10^{-5}$ М pH равняется 9,2 [7].

Размеры частиц определялись методом Геллера [8] при помощи спектрофотометра марки ПЭ-5400В.

Визуальные наблюдения образования взвесей при их подщелачивании до различных pH осуществлялись с помощью горизонтального микроскопа (щелевая ламп ЩЛ-2Б), совмещенной с вэб-камерой DCM-130 и отображении на компьютере с использованием программы МБС-10.

Результаты определений размеров частиц гидроксида кобальта в щелочных сточных водах приведены на рисунке 1.

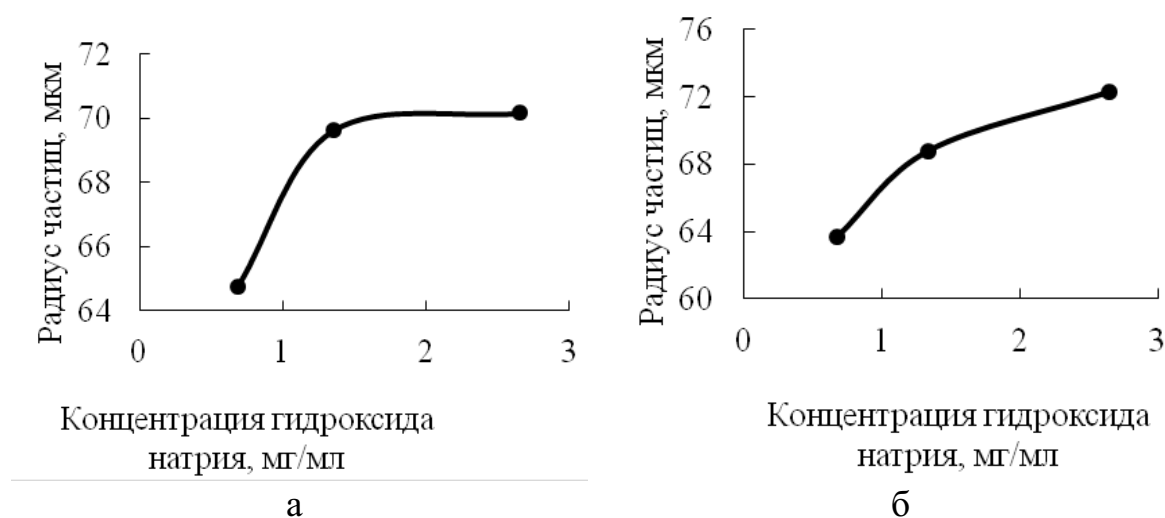
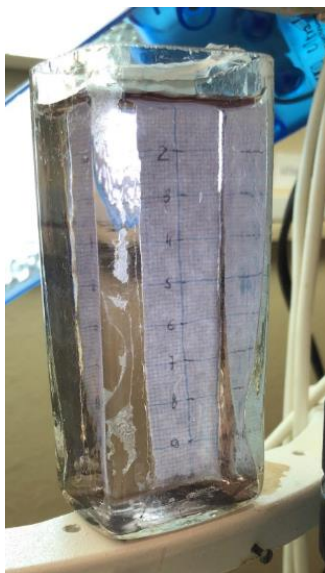


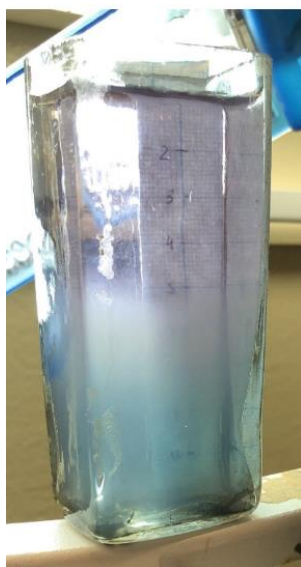
Рис. 1. Зависимость радиуса частиц от концентрации NaOH при разведении сточной воды: а – 1,426 г/л, б – 2,380 г/л

Из полученных результатов видно, что при различных количествах гидроксида натрия, попадающего в сточную воду, размеры частиц гидроксида кобальта зависят от содержания ионов кобальта и изменяются от 64,75 мкм до 72,27 мкм.

Наблюдения за состоянием сточной воды и образующегося в ее объеме гидроксида кобальта показали, что в зависимости от pH водного объекта происходит изменение физического состояния осадка (рис. 2).



а – сточная вода
с рН 4,5–5,0



б – сточная вода
с рН 6,6–7,6



в – сточная вода
с рН 9,5

Рис. 2. Зависимость образования гидроксида кобальта от рН сточной воды через 3 минуты

Оказалось, что при содержании в сточной воде ионов кобальта 7,13 г/л с ростом рН через три мин. объем осадка увеличивается, что обусловлено увеличением количества гидратированных частиц гидроксида кобальта и их размера.

Состояние осадка гидроксида кобальта через 10 мин. после изменения рН представлено на рисунке 3.



Рис. 3. Зависимость образования гидроксида кобальта от рН сточной воды

Через 10 мин. происходит разделение объема гидратсодержащих взвесей на три части. Нижняя часть взвесей осветляется в результате частичной дегидратации коллоидов гидроксидов и формирования уплотненного осадка и осаждения его на дно сосуда (то есть в донные отложения). При этом в ре-

зультате дегидратации образуются более мелкие агрегаты, которые находятся в объеме. Цвет гидроксидов кобальта изменяется, становится коричневым.

Второй более тонкий светло-голубой осадок имеет более рыхлую структуру.

Третий слой взвесей занимает пространство между слоем воды и плотным вторым слоем, исключая перемешивание донных взвесей. Он также сохранил голубой цвет, но стал более прозрачным, а частицы более мелкими.

Результаты экспериментов, проведенные на модели сточных вод, показали, что размеры частиц гидроксида кобальта зависят от концентрации загрязнителя. Установлено, что чем, выше концентрация гидроксида кобальта, тем радиус частиц меньше.

Показано, что процесс гидратации-дегидратации оказывает существенное влияние на механизм образования донных осадков и кинетику формирования плотных слоев донных отложений.

Библиографический список

1. Воронов Б.А., Махинов А.Н. Современное состояние водных ресурсов Дальнего Востока и их антропогенное преобразование // 100-летие Камчатской экспедиции Русского географического общества 1908–1910 гг. : материалы Всерос. науч. конф. Петропавловск-Камчатский, 2008. С. 54–63.
2. ГОСТ 17.1.5.01.-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24 июня 1980 г. N 3009 дата введения 01.01.82.
3. Шилова Н. А. Влияние тяжелых металлов на представителей пресноводного фито- и зоопланктона в условиях засоления : автореф. дис. ... канд. биол. наук (03.02.08). Саратов, 2014. 133 с.
4. Кумани М. В., Лисецкий Ф. Н. Изучение транспорта и накопления загрязняющих веществ в донных отложениях рек агропромышленных регионов // Известия Самарского научного центра российской академии наук. 2011. № 1–6. Т. С. 1443–1448.
5. Папина Т. С. Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в ряду: вода - взвешенное вещество – донные отложения речных экосистем : Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН; ИВЭП СО РАН. Новосибирск, 2001. Вып. 62. Сер. Экология. 58 с.
6. Крамер Д. А. Оценка антропогенного воздействия на загрязнение донных отложений малых рек на примере г. Москвы : дис. ... канд. хим. наук. М., 2015. 199 с.
7. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. М. : Химия, 1971. 456 с.
8. Коллоидная химия: лаб. практикум для студентов, обучающихся по спец. 1-31 05 01 «Химия (по направлениям)». В 2 ч. Ч. 2. Дисперсные системы / Т. А. Савицкая, М. Б. Черепенников, М. П. Шевелева. Минск : БГУ, 2012. 200 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПОПАДАНИЯ ИОНОВ Ni^{2+} В ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД МАШИ- НОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*А. А. Бабина, Ю. Н. Зыкина, С. Л. Фукс
Вятский государственный университет,
stud105996@vyatsu.ru, stud106000@vyatsu.ru, tzb_fuks@vyatsu.ru*

Проведено исследование процесса формирования никельсодержащих донных отложений при попадании в малые реки очищенных сточных вод машиностроительных производств. Показано, что в результате взаимодействия фонового стока со сточными водами образуются частицы гидроксида никеля различного размера. Моделирование процесса формирования донных отложений показало, что вблизи донных отложений реки частицы гидроксида никеля образуют гидратированный осадок. Последующее изменение состояние гидроксида никеля приводит к формированию плотного слоя и к образованию донных отложений.

Ключевые слова: никель, сточные воды, тяжелые металлы, донные отложения, взвешенные вещества.

Водные объекты, особенно малые реки имеют большое экологическое значение, в виду того, что являются основой гидрографической сети. Малые реки формируют сток больших водотоков, качество воды которых во многом зависит от химических показателей сбрасываемых сточных вод [1, 2]. При попадании в воды малых рек тяжелых металлов (ТМ) происходит их неравномерное распределение по руслу, как в объеме воды, так и в донных отложениях.

Анализ литературных данных показал, что в донных отложениях водных объектов присутствуют значительные количества различных ТМ, в том числе никеля [3]. Этот загрязнитель токсичен и относится к 3 классу опасности. Кроме того, он является сравнительно слабым мигрантом в биосфере [4], что способствует увеличению его воздействия на человека. Он может вступать в конкурентные взаимоотношения с металлами, необходимыми для стабилизации биомолекул [5]. Миграционная способность соединений Ni^{2+} в значительной степени зависит от количества органического вещества в почвах и водах, рН среды. Несмотря на определенную роль в миграции растворенных форм, подавляющая часть металла переносится речными водами во взвешенном состоянии [6] и, как правило, попадает в донные отложения.

Целью работы было изучение процесса накопления нерастворимых соединений никеля в донных отложениях при сбросе сточных вод.

Исследования донных отложений проводились на модели воды загрязненной ионами никеля с концентрацией 1,174 г/л, протекающей по руслу малой реки. Для исследования содержания ионов никеля в сточных водах ис-

пользовался комплексонометрический метод [7]. Визуальные наблюдения за образованием взвесей при разных рН осуществлялись с помощью горизонтального микроскопа (щелевая лампа ШЛ-2Б), совмещенного с вэб-камерой DCM-130. Размеры частиц определялись методом Геллера [8] при помощи спектрофотометра марки ПЭ-5400В.

Объем исследуемого раствора составлял 50 мл, рН раствора 7,7–8,1, время формирования донных отложений 15 мин.

Для исследований сточные воды разбавляли до концентраций, поступающих на локальную очистку. Далее проводилось осаждение в виде гидроксида никеля, который при выпуске частично очищенных сточных вод поступал в коллектор. Размеры частиц гидроксида никеля, от которых зависит скорость образования донных отложений, различны. В связи с этим проводилось изучение радиуса частиц гидроксида никеля в зависимости от концентрации его ионов в растворе.

Изучение влияния количества гидроксида натрия на размеры частиц формирующегося осадка приведены на рисунке 1.

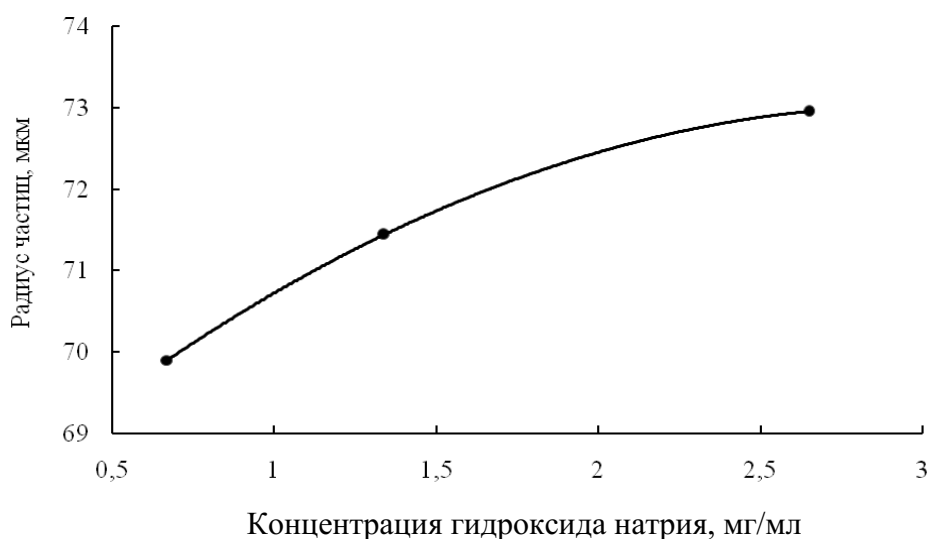


Рис. 1. Зависимость радиуса частиц осадка от содержания гидроксида натрия в сточных водах с концентрацией ионов никеля 1,174 мг/мл

Оказалось, что частицы гидроксида никеля, попадающего после локальной очистки сточных вод в водный объект, имеют размеры от 66 до 79 мкм. Размеры частиц зависят от изменения концентрации гидроксида натрия

Для исследования образования донных наносов взята сточная вода с концентрацией Ni^{2+} 0,294 г/л ($3 \cdot 10^4$ ПДК_{рх}).

При подщелачивании сточной воды происходит перемешивание слоев и в течение 1 мин взвешенные вещества начинают оседать. Во время осаждения образуются хлопья шаровидные хлопья. Одновременно с процессом осаждения идет процесс адсорбции, происходит уплотнение хлопьев.

Через 7 мин после начала опыта наблюдается раздел плотного и менее плотного слоев взвешенных частиц на расстоянии 2 см от дна и уплотнение осадка без его движения, если отсутствует турбулентное движение потоков воды (рис. 2а). Без движения придонного слоя воды уплотненный осадок заиливается.

При попадании никельсодержащих сточных вод в водотоки происходит частичное перемешивание верхних слоев взвеси донных отложений из-за разности плотностей растворов и механического перемешивания потоков. В результате происходит размывание границы «раствор – взвешенные вещества». В течение 15 мин наблюдается коагуляция гидратированных частиц, которые при потере части гидратной воды образуют агрегаты, оседающие на дно водотока [9] и формирующие донные отложения (рис. 2б).

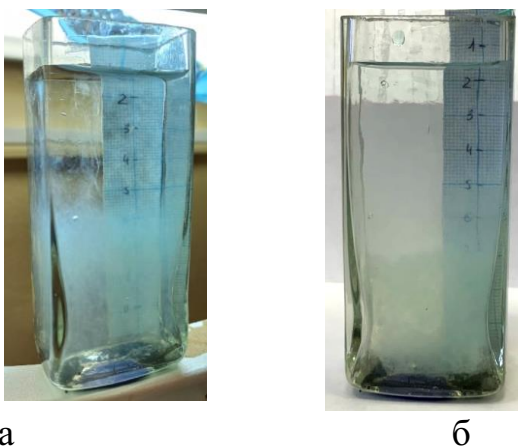


Рис. 2. Раздел слоев взвешенных частиц и уплотнение осадка гидроксида никеля

На скорость образования плотной части взвесей гидратированных никельсодержащих частиц оказывают влияние другие вещества присутствующие в воде, в том числе глинистые компоненты. Установлено, что при попадании глины в данную систему происходит осаждение и добавочное уплотнение осадка (рис. 3).

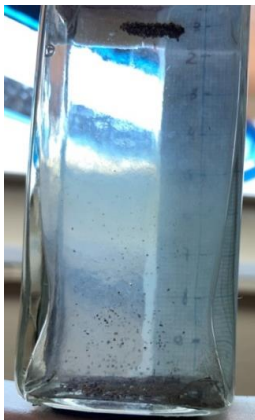


Рис. 3. Процесс образования донных отложений при внесении глины в сточные воды

Выводы. 1. Установлено, что частицы гидроксида никеля попадающего после локальной очистки сточных вод в водный объект, имеют размер от 66 до 79 мкм. Размеры частиц зависят от концентрации гидроксида натрия в растворе.

2. Определено, что при подщелачивании сточных вод с концентрацией ионов никеля 0,294 г/л образуются шаровидные хлопья. Одновременно с процессом осаждения идет процесс адсорбции, происходит уплотнение хлопьев. В течение 15 мин наблюдается коагуляция гидратированных частиц, которые при потере части гидратной воды образуют агрегаты, оседающие на дно водотока и формирующие донные отложения.

3. Изучено влияние твердых компонентов на процесс образования донных отложений. Глинистые компоненты ускоряют образование плотной части взвешенных веществ, происходит осаждение и добавочное уплотнение осадка.

Библиографический список

1. Калинин В. М., Ларин С. И., Романова И. М. Малые реки в условиях антропогенного воздействия. Тюмень : ТюмГУ, 1998. 220 с.
2. Беляев С. Д. Использование целевых показателей качества воды при планировании водохозяйственной деятельности // Водное хозяйство России. 2007. № 3. С. 3–17.
3. Зубарев В. А. Анализ тяжелых металлов донных отложений малых рек, подверженных влиянию сельскохозяйственной мелиорации, на территории среднеамурской низменности// Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2014. Т. 324. № 1. С. 203–208.
4. Дударева И. А., Алимова Г. С., Токарева А. Ю. Распределение никеля в воде и донных отложениях нижнего течения р. Иртыш // ТХНС УрО РАН. 2020. Т. 331. № 8. 16–23.
5. Халимова А.А., Биологический мониторинг процессов очистки никель- и хром-содержащих сточных вод.
6. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах/ О. А. Давыдова, Е. С. Климов, Е. С. Ваганова, А. С. Ваганов. Ульяновск : УлГТУ, 2014. 167 с.
7. Жендарева О. Г., Мухина С. З. Анализ гальванических М. : Химия, 1970. 280 с.
8. Савицкая Т. А., Черепенников М. Б., Шевелева М. П. Коллоидная химия: лаб. практикум для студентов, обучающихся по спец. 1-31 05 01 «Химия (по направлениям)». В 2 ч. Ч. 2. Дисперсные системы. Минск : БГУ, 2012. 200 с.
9. Эрдей-Груз Т. Явления переноса в водных растворах. М. : Мир, 1976. 597 с.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПЛАСТИКОВЫМИ ОТХОДАМИ И ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ

А. Г. Чернышова, А. М. Капизова
ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет»,
Gorbunova_anna_2014@mail.ru

В данной статье рассматривается глобальная экологическая проблема влияния микрополимеров на человека, его хозяйственную деятельность и окружающую среду.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды, микропластик, экологическая проблема.

Проблема загрязнения среды пластиком и микропластиком стала актуальной именно сейчас, потому что до этого его количество не вызывало опасений. Теперь же он накопился и стал причиной опасного загрязнения. Огромные мусорные пятна, достигающие 10–15 млн квадратных километров, скапливаются в различных частях Атлантического, Тихого и Индийского океанов. Так, например, большой мусорный остров у берегов Тихого океана известен с 1950 г., каждое десятилетие его площадь вырастает в 10 раз.

В настоящее время современные материалы создают не только удобства для людей, но и наносят непоправимый ущерб здоровью человека и окружающей среде. Только за последние двадцать лет во всем мире было произведено больше пластиковых изделий, чем за предыдущее столетие.

Самыми распространенными видами пластикового мусора, который мы «производим» каждый день являются: одноразовая посуда, пакеты, упаковка, бутылки и различные емкости. И всего лишь 5% от этого объема подвергается переработке, а затем используется повторно на различных производствах и в быту.

Известно, что пластик разлагается примерно 200 лет. Попадая в почву, пластмассовые материалы распадаются на множество мелких частиц и начинают выбрасывать в объекты окружающей среды различные токсичные химические вещества, которые были добавлены в них при производстве. Таковыми веществами являются: хлор, а также различные химические соединения, имеющие токсичные и канцерогенные свойства, антипирены.

Большинству людей известно о том, что пластиковые отходы являются одним из самых распространенных загрязнителей окружающей среды, но гораздо большую опасность, как было выяснено не так давно, представляет собой микропластик. В настоящее время под термином «микропластик» понимают частицы синтетических полимеров размером от нм до 5 мм [1, 2]. Эти частицы состоят из твердых материалов, нерастворимы в воде и неразлагаемы [1]. Основными источниками пластиковых микрочастиц являются как непосредственно пластиковые отходы, так и продукты различных отраслей промышленности (косметическая, медицинская и др.).

Существует два вида данного материала: первичный (промышленный) – это пластмассовые частицы, которые изначально имеют микроразмер. Их используют в косметике, бытовой химии, средства гигиены и т. д. И вторичный (природный) – это микрочастицы, образованные в процессе разрушения пластика большого размера. Зачастую они образуются во время разложения пластмасс под воздействием Уф-излучения.

Ранее ученые не задумывались над данной проблемой, но микропластик имеет свойство накапливаться. Данное свойство оказывает пагубное влияние на человека и окружающую среду.

В настоящее время микропластмассы стремительно распространяются в водном мире нашей планеты.

Ежегодно в мировой океан попадает около восьми миллионов тонн пластикового мусора. 67% пластикового мусора, попадающего в океан, приносят с собой 20 рек, в основном — азиатских.

Посредством грунтовых вод микрогранулы пластика и его химикаты просачиваются к ближайшим источникам воды, что зачастую приводит к массовой гибели животных.

В почву микропластмасса попадает из оксо-биоразлагаемой фольги, которая под воздействием солнца расщепляется на микрочастицы. Опасность данного материала заключается в том, что он не подлежит переработке из-за своего размера. Вдобавок к этому микропластиком может стать любая разрушающаяся пластмасса.

Микропластик может существовать не только в окружающей среде, он также через пищу и воздух попадает в человеческий организм. Сейчас вред здоровью человека от этого материала научно не доказан, тем не менее, многие ученые предполагают, что потребление пластмассы даже в виде микроволокон может привести к желудочно-кишечным расстройствам, воспалению тканей, проблемам с печенью, эндокринным расстройствам и даже злокачественному перерождению клеток. Вместе с пластиком в организм человека могут попадать токсичные химические вещества и другие патогены. По мнению ученых, в кишечник попадают только самые крупные частицы микропластмассы, более мелкие могут проникать в кровоток, лимфатическую систему и даже достигать печени. Так как частицы микропластика являются прекрасными адсорбентами, то токсические вещества могут накапливаться в них и в дальнейшем передаваться все дальше по пищевой цепи, дойдя, в конечном счете, до человека.

Для защиты человечества от микропластика и его влияния необходимо, во-первых, ограничить использование в нашей жизни всех продуктов, что содержат микрогранулы. Во-вторых, правильная стирка синтетической одежды, если отказаться от нее невозможно. В-третьих, уменьшить количество пластиковых отходов.

Сокращение использования одноразового пластика и правильная утилизация многоразового — самое доступное, но не самое эффективное решение проблемы, учитывая ее масштаба.

Поэтому ученые разрабатывают наиболее эффективные способы борьбы с этой проблемой путем разработкой различных инструментов, позволяющих получить знания, необходимые для принятия соответствующих мер по борьбе с загрязнением пластиковыми частицами.

В качестве решения проблемы микропластика пока что наиболее эффективным и доступным вариантом является профилактика и контроль использования пластика.

В первую очередь — ограничить использование продуктов, содержащих микрогранулы. А это некоторые зубные пасты, порошки, косметические

средства. Многие из микрополимеров, что используются в косметике, по специфике действия имеют аналоги среди натуральных веществ. Например, выбирая средства по уходу за кожей и волосами, лучше отдать предпочтение продуктам, в составе которых есть глицерин, жирные кислоты, жирные спирты и сложные эфиры аминокислот. Они, как и пластик, предотвращают потерю влаги, смягчают кожу, стабилизируют косметические эмульсии.

Во-вторых, это одежда. Если нельзя полностью отказаться от вещей из синтетических волокон, то, по крайней мере, следует научиться правильно их стирать. Чтобы в окружающую среду попало как можно меньше микропластика, синтетические вещи необходимо стирать на самых коротких режимах, при низкой температуре, используя самые низкие обороты отжима. Также вместо обычного порошка для стирки лучше использовать жидкие средства. Это важно хотя бы потому, что во время каждой стирки изделия, например, из флиса (обработанный ТЭП) в сточные воды попадает до 250 тысяч микрочастиц пластика. Со временем они попадают и в питьевую воду.

Третье правило: уменьшить количество пластиковых отходов. Это можно сделать, если отказаться от целлофанового кулика в пользу бумажного пакета, напитки выбирать не в пластиковой, а в стеклянной таре.

Сокращение использования одноразового пластика и правильная утилизация многоразового – самое доступное, но не самое эффективное решение проблемы, учитывая ее масштаба.

Во многих странах уже действуют или рассматриваются законодательные инициативы по запрету микропластика. В России борьба с микропластиком только набирает обороты. В России законодательных актов по запрету использования микропластика пока нет. По текущим прогнозам и оценкам экономистов и экологов, российскими промышленными предприятиями производится около 26,5 млрд пакетов из пластика. На данный момент большая часть пластиковых отходов захоранивается, то есть изолируется в почве или недрах и не подлежит дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах с целью предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду, но во многих случаях, пластиковые отходы просто лежат на поверхности.

Библиографический список

1. Загрязнение микропластиком как актуальная экологическая проблема [Электронный ресурс]. – URL: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018019643> (дата обращения: 24.03.2022).
2. Микропластик: стоит ли его бояться в пище [Электронный ресурс]. – URL: <https://foodandhealth.ru/info/mikroplastik-v-pishche/> (дата обращения: 23.03.2022)
3. Проблема микропластика: как мы сами себя убиваем [Электронный ресурс]. – URL: <https://green-club.su/microplastic/> (дата обращения: 24.03.2022).
4. Микропластик [Электронный ресурс]. – URL: <https://wiki2.org/ru/Микропластик> (дата обращения: 24.03.2022).
5. Микропластик: чем он опасен и как уменьшить его количество [Электронный ресурс]. – URL: <https://recyclemag.ru/article/mikroplastik-opasen-umenshit-kolichestvo> (дата обращения: 23.03.2022).

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПЛАСТИКОМ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА МИРОВОГО МАСШТАБА

М. А. Иванов

Южный федеральный университет, maki@sfedu.ru

В статье представлен анализ мировой ситуации по загрязнению пластиком окружающей среды. Изучены пути попадания микропластика в воду, связь этого процесса с мировым производством. Показаны методы решения проблемы, а также примеры применения этих методов на примере ряда государств.

Ключевые слова: загрязнение пластиком, источники загрязнения, переработка пластика

На данный момент уровень загрязнения планеты Земля пластиковыми отходами можно назвать колоссальным. Данный фактор является одним из наиболее пагубных в контексте вопроса о природе загрязняющих окружающую среду веществ. Причем, ущерб природе наносится как при использовании изделий из пластика, так и при их утилизации. В XXI веке многие государства, а также корпорации ведут предметные дискуссии касательно минимизации негативных последствий, возникающих при использовании пластика.

Пластик имеет свойство накапливаться в окружающей среде. Например, в океане микропластик отравляет флору и фауну, тем самым нанося очень большой вред экологической обстановке планеты Земля.

Применяется несколько методов переработки пластика [1]. Гликолиз – растворение при нагревании в присутствии катализатора. Гидролиз – исходное вещество разлагается при взаимодействии с водой, при этом образуются новые соединения. Пиролиз – термическое разложение органических и многих неорганических соединений. Метанолиз – обработка метиловым спиртом.

Однако стоит учитывать, что, несмотря на наличие целого ряда методов переработки пластика, сложность заключается в обязательном наличии специального оборудования в достаточном количестве. Это необходимо учитывать поскольку каждая стадия процесса требует определенного типа агрегатов.

Процесс переработки пластиковых отходов является многоступенчатым, и первый его шаг заключается в сортировке пластика по качеству, цвету, а также степени загрязнения. После этого следуют стадии дробления, спекания и гранулирования. Затем пластик отправляется в производственные цеха, где переработанному отходу находят применение в других изделиях.

Следует понимать, что загрязнение пластиком – проблема планетарного масштаба. Существует множество источников данной проблемы (рис.).

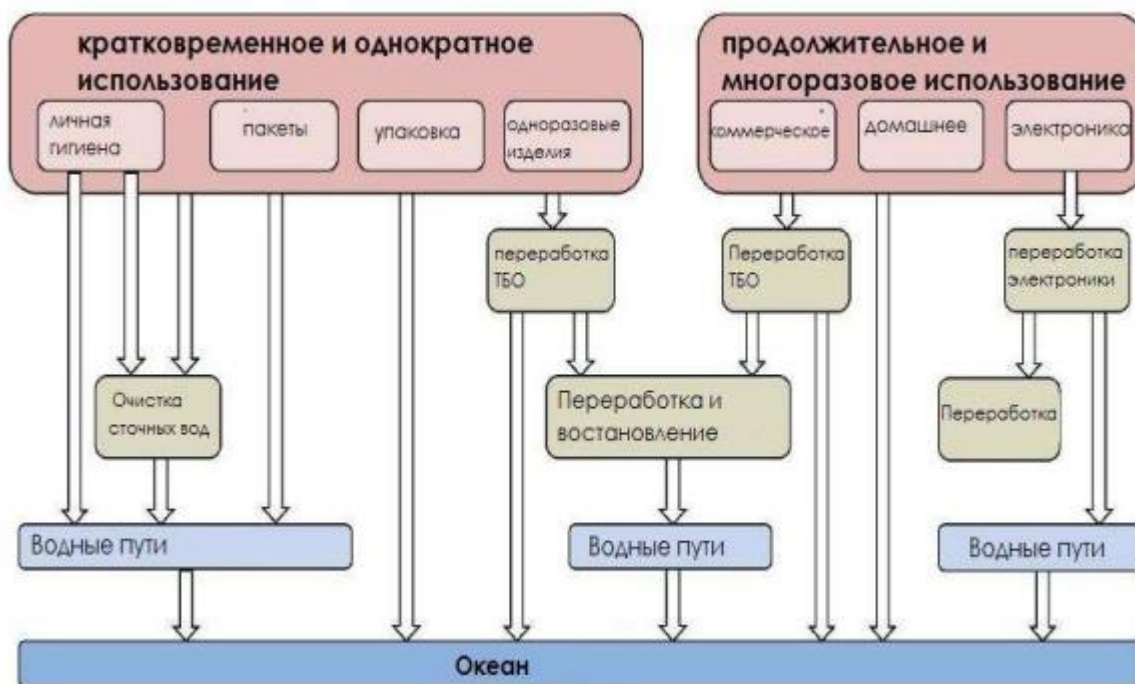


Рис. Источники микропластика и пути попадания его в океан [2]

Большая часть государств признает, что загрязнение пластиковыми отходами – одна из серьезнейших проблем XXI века [3]. Многие государства принимают меры для того, чтобы минимизировать негативные воздействия на окружающую среду, а также предотвратить возможные негативные последствия, которые могут произойти в будущем. Например, Кения ввела запрет на использование полиэтиленовых пакетов, наказание за это предусматривает крупный штраф, либо тюремный срок. Другим примером является Индия, которая на государственном уровне взяла курс на сокращение потребления пластиковых изделий. В столице государства, городе Дели, и вовсе запрещена пластиковая посуда.

Боливия, Чили, Доминика, а также Коста-Рика на законодательном уровне постепенно вводят запрет на использование пластиковых пакетов, а также прочих изделий из данного материала. Так, пакеты, произведенные из пластика, забивают канализационные системы городов, засоряют берега, а также рекреационные зоны.

Согласно исследованиям выяснилось, что желудки около 90% морских птиц содержат в себе пластик, с этим связывают гибель десятков тысяч птиц, а также китов, тюленей и черепах [4, 5]. Не стоит забывать, что загрязнение пластиковыми отходами Мирового Океана затрудняет очистку воды [6].

Европейский Союз также предлагает существенно ограничить использование пластика. Причем это касается не только посуды, но и упаковки для еды и даже креплений воздушных шаров.

Так, в Швеции смогли справиться с собственным мусором, после чего даже предложили свою помощь другим странам в решении этой проблемы.

Свалок как таковых в итоге в стране почти не осталось, а сам мусор не оказался вне использования: его либо перерабатывают, либо используют в качестве топлива [7]. Во многом это возможно благодаря культуре в обществе, которое понимает, что даже такой глобальный вопрос, как загрязнение пластиком, не является неразрешимым, при должном уровне знаний ситуацию можно обратить во благо. Например, в Швеции научились перерабатывать мусор в электричество, около 45% электричества, которое используется Стокгольмом, генерируют именно таким способом. В связи с этим, Норвегия выражает свою готовность поставлять соседней стране до 800 тысяч тонн мусора в год [3].

Корпорации тоже не остаются в стороне. Некоторые супермаркеты предлагают пакеты из биоразлагаемых материалов, а производители одежды демонстрируют продукт, произведенный с использованием океанического мусора из пластика. В качестве переходной меры ряд фирм использует биоразлагаемый полиэтилен, что также может помочь завершить эру повсеместного использования обыкновенных пластмасс.

Чилийскими инженерами-химиками разработана идея пластиковых пакетов, растворимых в холодной воде. Данное новшество появилось как побочный продукт исследования в схожей сфере: первоначально химики работали над формулой менее токсичных бытовых химических средств, которые бы гораздо быстрее разлагались в воде. Была взята формула на основе поливинилового спирта (ПВС), растворимого в водной среде.

Таким образом, загрязнение окружающей среды пластиковыми отходами является комплексной проблемой, которая воздействует на многие аспекты жизни человека, а также на природу в целом. Разрабатываются методы по минимизации и нейтрализации сопутствующего ущерба, в некоторых государствах – на законодательном уровне.

Библиографический список

1. Денисов В. В. Экология города. Ростов на Дону : Издательский центр «МарТ», 2008. 832 с.
2. Бутовский Р. О. Пластик и микропластик: источники загрязнения морской среды // Охрана окружающей среды и заповедное дело. М.: №1. 2020. С. 111–125.
3. Мюррей Р. Цель – ZeroWaste. М.: ОМННО «Совет Гринпис», 2004. 232 с.
4. Константинов В. М. Охрана природы : учебное пособие. М. : Академия, 2003. 240 с.
5. Крымская И. Г. Гигиена и экология человека : учебное пособие. изд. 2-е, стер. Ростов на Дону : Феникс, 2017. 351 с.
6. Гредел Т. Е., Алленби Б. Р. Промышленная экология: зарубежный учебник : пер. с англ. / ред. Э. В. Гирусов. Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2004. 527 с.
7. Маврищев В. В. Общая экология. Курс лекций : учебное пособие 3-е изд. стер. Минск : Новое знание, М. : НИЦ ИНФРА – М, 2017. 299 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА МЕДИ В ПРИСУТСТВИИ ЧАСТИЦ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРИМЕРЕ ПРЕСНОВОДНЫХ РАКООБРАЗНЫХ *DAPHNIA MAGNA STRAUS*

А. Н. Рак, Д. М. Гершкович

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
rakannabio@ya.ru, papirus451@yandex.ru*

В статье представлены результаты серии хронических экспериментов, целью которых была оценка эффекта воздействия частиц полимерных материалов и ионов меди на пресноводных ракообразных при совместном применении. Выявлено протекторное действие частиц полистирола при совместном воздействии с ионами меди.

Ключевые слова: биотестирование, микропластик, *Daphnia magna* Straus, тяжелые металлы.

Применение полимерных материалов принесло огромные промышленные выгоды. В связи с растущим использованием и долговечностью, пластмассы повсеместно встречаются в окружающей среде. Устойчивость полимеров к деградации приводит к их накоплению в живых организмах и пищевых цепях, в абиотических компонентах водных и наземных биосистем [1]. Особую озабоченность вызывает так называемый микропластик – фрагменты размером менее 5 мм. Учитывая большое отношение площади поверхности частиц к их объему и их физико-химические свойства, они могут накапливать загрязняющие вещества, переносимые водой, включая металлы и стойкие токсические соединения [2]. В то же время нет однозначных данных о том, какое механическое и токсическое воздействие микропластик оказывает на живые организмы. Также в экспериментах чаще всего применялся первичный микропластик – частицы, произведенные в данном размере для различных применений (гранулы в составе средств личной гигиены). Из этого следует, что исследования проводились на небольших частицах полистирола сферической формы, в то время как для волокон из других материалов имеется меньше данных.

Целью данной работы стала оценка влияния частиц полимеров различного состава и их золы непосредственно на гидробионтов, а также в сочетании с воздействием ионов меди. Совместное применение с ионами меди позволяет предположить наличие взаимодействия между частицами полимера и металлом [2].

Полимерные волокна были получены из отобранных образцов пластикового мусора супралиторали Баренцева моря в августе 2020 г. В работе были использованы следующие образцы:

1. HDPE (High Density Polyethylene) – полиэтилен низкого давления, белого и красного цвета (пищевая емкость);
2. EPS (Expanded Polystyrene) – вспененный полистирол (упаковочный материал);
3. PU – пенополиуретан (монтажная пена).

Микропластик был получен из макро-образцов с использованием абразива и сита из нержавеющей стали с размером ячеек 300 мкм, затем частицы были отделены от остатков абразивного материала методом плотностной сепарации в дистиллированной воде и высушены.

В качестве контрольных образцов для установления зависимости действия полимеров, подверженных биологическим и химическим воздействиям окружающей среды, были использованы интактные образцы соответствующих материалов. Также в работе использовались образцы золы EPS и смеси полимеров, отобранных на супралиторах.

В качестве тест-объектов были выбраны пресноводные ракообразные *Daphnia magna* Straus. *D. magna* является неселективным фильтратором, поэтому может быть более подвержена поглощению микропластика, чем организмы с другими типами питания [3]. Оценивали влияние на выживаемость, плодовитость, линейные размеры и трофическую активность (ТА) дафний [4, 5]. Статистическую обработку результатов проводили в программе STATISTICA Version 10 (StatSoft Inc., USA). Нормальность распределения значений параметров оценивали с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Оценку статистической значимости различий контрольной и опытных выборок проводили с использованием критерия Манна-Уитни. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

В первой части работы были исследованы изменения параметров культуры на фоне действия различных типов полимеров. Для этого был проведен хронический тест в соответствии со стандартными методическими указаниями [4]. Концентрация полимерных частиц составляла 50 мг/л для шести видов материалов: PU (интактный, контактный – отобранный на супралиторах, зола), HDPE (белый и красный – контактные), зола смеси материалов. Выживаемость в течение эксперимента составляла 100–95% для всех групп за исключением группы с интактным PU – гибель 50% особей к 12-м суткам и 95% к 19-м. Статистически значимые различия в линейных размерах по сравнению с контролем на седьмые сутки отмечались в образцах интактного (94% от контроля) и контактного PU (108%), красного HDPE (106%). Различия в плодовитости значимы только для группы HDPE белого цвета (средняя плодовитость на одну самку составляет 129% от контрольной группы). По результатам определения ТА статистически значимые различия были получены в группах PU контактный (увеличение ТА на 58% по сравнению с контрольной группой), PU зола (снижение на 27%), HDPE красный (увеличение на 72%), зола смеси (уменьшение на 51%) (табл.).

Биологические показатели *D. magna* в средах с содержанием различных типов полимеров (50 мг/л)

Показатель	Контроль	PU инт.	PU конт.	PU зола	HDPE белый	HDPE красный	Зола смеси
Выживаемость за 21 сутки, %	95	0	95	100	95	95	100
Средняя суммарная плодовитость, особей на одну самку $\pm$ SD	19,23 $\pm$ 2,01	0	21,38 $\pm$ 0,39	18,70 $\pm$ 3,96	24,7 $\pm$ 1,30	22,51 $\pm$ 6,07	23,60 $\pm$ 2,97
Средний линейный размер на 7-е сутки, мм $\pm$ SD	2,37 $\pm$ 0,19	2,24 $\pm$ 0,14	2,57 $\pm$ 0,10	2,46 $\pm$ 0,51	2,44 $\pm$ 0,24	2,52 $\pm$ 0,15	2,29 $\pm$ 0,16
Средний линейный размер на 21-е сутки, мм $\pm$ SD	3,24 $\pm$ 0,04	—	3,25 $\pm$ 0,11	3,19 $\pm$ 0,06	3,32 $\pm$ 0,11	3,28 $\pm$ 0,14	3,26 $\pm$ 0,09

Примечание: в качестве погрешности указано стандартное отклонение (SD).

Вторая часть работы заключалась в выявлении возможного взаимодействия полимера с ионами меди. Для выполнения данной задачи были исследованы эффекты воздействия контактного EPS (50 мг/л), сульфата меди 0,03 мг Cu/л (30 ПДК) и совокупного воздействия этих факторов на дафний. Оценка результатов показала, что выживаемость особей в контрольной группе составила 100% за срок наблюдений, наличие в среде частиц EPS также не повлияло на выживаемость дафний. Выживаемость особей в среде с ионами меди быстро снижалась, и уже на 5-е сутки составляла 50%, на 14-е – 30%, на 21-е – 15%. Однако при совместном воздействии EPS с ионами меди выживаемость на пятые сутки составляла 60%, к 14-м суткам – 40%, данный показатель сохранялся до завершения эксперимента на 21-е сутки (рис.).

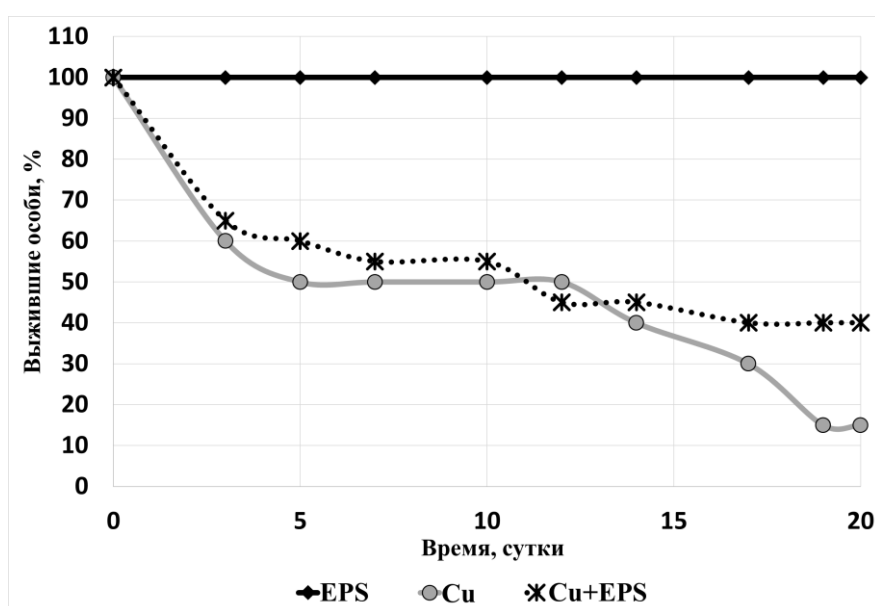


Рис. Выживаемость *D. magna* в среде с частицами EPS (50 мг/л), ионами меди (0,03 мг Cu/л) и при совокупном воздействии факторов

Среднее число потомков на одну самку за время наблюдений в присутствии EPS ($29,50 \pm 4,50$) не отличалось от контрольной группы ($30,50 \pm 3,90$). Плодовитость особей при воздействии ионов меди – $1,00 \pm 2,00$ особей/самку, при воздействии меди и частиц EPS – $1,96 \pm 2,06$ особей/самку. Средний линейный размер на 21-е сутки статистически значимо снижался во всех сериях эксперимента и составлял 97% от контроля при воздействии EPS, 79% при воздействии ионов меди и 87% при их одновременном воздействии.

Таким образом, можно предположить наличие протекторного действия частиц EPS при совместном воздействии с ионами меди. В свете полученных результатов исследование эффектов совместного воздействия пластиковых частиц с другими концентрациями ионов меди представляется перспективной задачей. Стоит подчеркнуть, что факт получения неоднородных данных в схожих экспериментах, отмечается многими авторами в мировой литературе [1, 3]. Данная гетерогенность объясняется невозможностью полного контроля распределения частиц полимеров в среде, а, следовательно, и их поглощения тест-объектами. Дальнейшая работа предполагает исследование эффектов совместного воздействия других видов пластика с ионами тяжелых металлов и потенциально токсичными веществами других химических групп, а также оценку отдаленных последствий влияния полимеров в ряду поколений тест-объектов.

Библиографический список

1. What are the drivers of microplastic toxicity? Comparing the toxicity of plastic chemicals and particles to *Daphnia magna* / L. Zimmermann, S. Göttlich, J. Oehlmann, M. Wagner, C. Völker // Environmental Pollution. 2020. 115392.
2. Holmes L. A., Turner A., Thompson R. C. Adsorption of trace metals to plastic resin pellets in the marine environment // Environmental Pollution. 2012. Vol. 160. 42–48.
3. Uptake and effects of microplastic textile fibers on freshwater crustacean *Daphnia magna* / A. Jemec, P. Horvat, U. Kunej, M. Bele, A. Kržan // Environmental Pollution. 2016. Vol. 219. 201–209.
4. Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Росрыболовства от 04.08.2009 № 695. ред. от 22.12.2016.
5. Конюхов И. В, Воробьева О. В. Определение трофической активности рачков *Daphnia magna* Straus на флуориметре Mega-25 // Вода: химия и экология. 2013. № 12. С. 79–83.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

В. В. Солдатова, П. Ф. Агаханяни

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»,
soldatova2799@gmail.com, aga-polina@yandex.ru*

В работе рассмотрены методики расчетов выбросов парниковых газов при обращении с твердыми коммунальными отходами с целью выявления и последующей доработки наиболее перспективной и применимой в России модели. Результаты оценки выбросов парниковых газов необходимы местным органам власти для принятия решений по выбору экологически безопасных технологий обращения с отходами, а также в соответствии с новым законодательством и введением обязательной отчетности по выбросам парниковых газов, оптимальные модели расчетов будут востребованы и рекомендованы к внедрению для экологических операторов и компаний, занимающихся обращением с отходами.

Ключевые слова: выбросы углекислого газа, твердые коммунальные отходы, расчетные методики, обращение с отходами, изменение климата.

Актуальность темы исследования обуславливается возрастающей ролью учета выбросов углерода при осуществлении различной деятельности, в частности, обращения с отходами. Выбросы парниковых газов (ПГ) в результате деятельности по обращению с отходами и их вклад в изменение климата стали одной из важнейших экологических проблем современности. Именно надлежащий учет и инвентаризация выбросов ПГ от различных методов обращения с отходами помогли бы осознать масштаб проблемы, выбрать наиболее эффективный и климатически нейтральный механизм обращения с отходами [1].

Объемы выбросов ПГ при обращении с отходами зависят от компонентного состава отходов, так как содержание в них органического и ископаемого углерода, способного к разложению, различно. Основная часть органического углерода в ТКО содержится в пищевых отходах, растительных остатках, бумаге, текстиле, древесине и прочих органических (биоразлагаемых) фракциях. В процессе разложения органической части коммунальных отходов наиболее активно образуются и выделяются в атмосферу диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4) и закись азота (N_2O).

При компостировании большая часть способного к разложению органического углерода (DOC) в отходном материале преобразована в диоксид углерода (CO_2). CH_4 образуется как в анаэробных, так и в аэробных участках компоста. При компостировании также может образовываться N_2O . Эти выбросы зависят от операций и длительности биологической обработки отходов.

Под инсинерацией отходов понимают сжигание твердых и жидких отходов на контролируемых мусоросжигательных предприятиях. Под открытым сжиганием – сжигание горючих материалов: бумаги, древесины, пластмасс, текстиля, резины, отработанных масел и других отходов на открытом воздухе, когда выбросы попадают непосредственно в атмосферу, не проходя через трубы. Как и прочие виды сжигания, инсинерация и открытое сжигание отходов представляют собой источники выбросов парниковых газов: диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4) и закиси азота (N_2O). Часто при инсинерации отходов CO_2 выделяется значительно больше, чем CH_4 и N_2O .

Вторичная переработка отходов производства и потребления для дальнейшего использования – стремительно набирающий обороты процесс во всем мире. На территории России это направление ново и только набирает обороты. Актуальность технологии обуславливается возможной экономией от использования вторсырья, а не первичных ресурсов. Закись азота образуется в результате большинства методов переработки, выбросы варьируются в зависимости от типа и условий переработки [2–5].

При анализе подобранных методических указаний по расчетам эмиссии парниковых газов от различных методов обращения с отходами, удалось выделить следующие закономерности (табл.):

1) Наиболее ранним, всеобъемлющим и апробированным методом представляются Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006. Это руководство основано на трудах международной экспертной комиссии по изменению климата, оно предоставляет большие возможности для расчетов, а также доработки изначальных методик и формул под запросы конкретной страны или региона. На его основе можно рассчитать выбросы парниковых газов при трех видах обращения с отходами (захоронение на полигонах, сжигание/инсинерация и механобиологическая обработка или компостирование), а также обратиться к всемирной информационной базе данных по выбросам. Однако, для получения более точных расчетов, составители рекомендуют пользоваться локальными и наиболее свежими данными, если это возможно.

2) Доработанным в разрезе стран Азиатско-Тихоокеанского региона вариантом методики является User Manual: Estimation Tool for Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Municipal Solid Waste (MSW) Management in a Life Cycle – Perspective, разработанный при поддержке Японии. Большинство формул основано на предыдущей методике, однако некоторые претерпели доработку, а также были включены такие виды обращения с отходами, как транспортировка и рециклинг, выбросы от которых в предыдущем руководстве считались незначительными. Возможность подсчета выбросов от этих манипуляций позволяет создать климатически обоснованную методику обращения с ТКО.

3) Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации также основаны на руководстве МГЭИК, при этом они преимущественно

учитывают выбросы от захоронения коммунальных отходов и их сжигания/энергетической утилизации. Это создает благоприятную почву для адаптации японского руководства под особенности и специфику сектора управления отходами в РФ, учитывая большой объем информации об отходах, различных коэффициентах, необходимых в расчетах, которые помогут создать собственный уникальный подход в оценке выбросов ПГ.

Таблица

Сравнительный анализ расчетных методик выбросов углекислого газа при обращении с твердыми коммунальными отходами

Характеристика/ Название	Методика МГЭИК	Методика IGES	Методика РФ
Полное название	Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006	User Manual: Estimation Tool for Greenhouse Gas Emissions from Municipal Solid Waste Management in a Life Cycle	Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах РФ
Источники данных	3 уровня: данные о деятельности и параметры по умолчанию; некоторые параметры по умолчанию, применимые к странам данных о деятельности по умолчанию относительно удаления отходов на СТО; использование высококачественных применимых к странам данных	Подход трех уровней и общие выбросы ПГ, значения предотвращения выбросов ПГ рассчитываются для всех отдельных технологий	При наличии данных использовать региональные значения способного к разложению углерода для каждой категории/вида размещаемых отходов
Затрагиваемые сектора	Захоронение отходов на полигонах (CO ₂ , CH ₄) Биологическая обработка твердых отходов (CH ₄ и N ₂ O) Инсинерация и открытое сжигание отходов (CO ₂)	Транспортировка отходов Захоронение отходов МБО, анаэробное сбраживание, компостирование открытое сжигание и инсинерация Переработка отходов	Выбросы CH ₄ от захоронения твердых отходов Выбросы CO ₂ и N ₂ O от сжигания отходов

Таким образом, в статье приведен анализ трех наиболее распространенных и полных методик расчета выбросов парниковых газов от обращения с отходами. В дальнейшем планируется тщательный анализ существующих статистических данных по составу ТКО, определение содержания в отходах органической (биоразлагаемой) составляющей, жироподобных, белковоподобных и углеводоподобных веществ. Помимо этого, желательно создание усо-

вершенствованной специфической для РФ базы данных по оценке количества выбросов в зависимости от компонентного состава ТКО и составление улучшенной методики расчетов выбросов ПГ при обращении с ТКО.

Библиографический список

1. Бобылев С. Н., Кирюшин П. А., Кудрявцева О. В. Зеленая экономика и цели устойчивого развития для России. М. : Экономический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова; 2019. 284 с.
2. Moody C. M., Townsend T. G. A comparison of landfill leachates based on waste composition // Waste Management. 2017. Vol. 63. P. 267–274.
3. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl-russian/pdf/5_Volume5/V5_5_Ch5_IOB.pdf (дата обращения: 24.12.2021).
4. User Manual Estimation Tool for Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Municipal Solid Waste (MSW) Management in a Life Cycle 2013, Japan Perspective [Электронный ресурс]. – URL: https://ledsgp.org/app/uploads/2015/09/User_Manual_for_GHG-waste-calculator.pdf (дата обращения: 12.01.2022).
5. Распоряжение Минприроды России от 16.04.2015 N 15-р «Об утверждении методических рекомендаций по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации»: Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации IV. Отходы IV.2 [Электронный ресурс]. – URL: <https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-minprirody-rossii-ot-16042015-n-15-r/metodicheskie-rekomendatsii-po-provedeniiu-dobrovolnoi/iv/iv.2-vybrosy-ch4-ot-zakhoroneniia/> (дата обращения: 12.01.2022).

СЕКЦИЯ 3

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ ХАЙБУЛЛИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Р. Ф. Файзулина, Г. Г. Бускунова

Сибайский институт (филиал) «Башкирский государственный университет», rozaliya_faizulina@mail.ru, gulsina_busk@mail.ru

В статье приводятся данные по исследованию качества питьевой воды Хайбуллинского района Республики Башкортостан на наличие в них тяжелых металлов (медь, цинк, железо, марганец, никель, кобальт, кадмий, свинец). В результате исследований было выявлено, что питьевая вода отвечает нормам СанПиН 2.1.4.1074-01. Такие опасные тяжелые металлы, как свинец, кадмий и кобальт в питьевой воде не обнаружены. Отмечено незначительное превышение марганца (1,1 раз) в воде из скважины в д. Янтышево при сравнении с нормами СанПиН 2.1.4.1074-01, но его содержание не превышало предельно-допустимые концентрации ($ПДК_{\text{Мп}}=0,5$ мг/л).

Ключевые слова: питьевая вода, тяжелые металлы, предельно-допустимые концентрации, СанПин 2.1.4.1074-01.

Питьевая вода – один из важнейших и жизненно необходимых ресурсов человечества [1]. Проблема чистой питьевой воды становится в последние годы одним из важнейших факторов национальной безопасности в области охраны здоровья населения. Доступ к безопасной воде и санитарии и рациональное использование пресноводных экосистем имеют огромное значение для здоровья человека, экологической устойчивости и экономического процветания. В этих условиях задача обеспечения населения питьевой водой нормативного качества и в достаточном количестве является одной из основополагающих для любого государства. В современной России данная задача законодательно закреплена Федеральными законами «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (№ 52-ФЗ, 1999), «О водоснабжении и водоотведении» (№ 416-ФЗ, 2011), рядом других документов водно-санитарного законодательства [2, 3].

Нормативная база регламентирует безопасность питьевой воды в эпидемиологическом отношении по микробиологическим (биологическим) показателям, в радиационном отношении, безвредность по химическому составу и благоприятные органолептические свойства. Нарушение предельно допусти-

мых величин гигиенических нормативов безопасности питьевой воды чревато угрозой причинения вреда жизни и здоровью населения. Для того чтобы питьевая вода была безвредна по химическому составу и благоприятна по органолептическим свойствам, необходимо непрерывно обеспечивать соблюдение гигиенических нормативов безопасности питьевой воды. В этом вопросе важнейшую роль играет эффективно выстроенная система наблюдения и контроля содержания в питьевой воде, поступающей в распределительную сеть, веществ в пределах установленных экологических нормативов. Немаловажно оперативно информировать население о возникших проблемах с качеством воды и недопустимости ее использования.

При исследовании проб питьевой воды применяется множество лабораторных методов, среди них есть методы характерные для любого химического анализа и те, которые используются исключительно для определения качества воды. Всего сотрудниками лабораторий используется более 30 различных методов, но некоторые, самые распространенные, стоит выделить отдельно: титриметрия, спектрофотометрия, хроматография, нефелометрия, органолептический, потенциометрия, гравиметрия.

Для исследования питьевой воды на качество и безопасность нами были отобраны пробы в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51593-2000 «Вода питьевая. Отбор проб» из двух точек: точка 1 – вода из скважины, по адресу ул. Школьная д. Янтышево Хайбуллинского района, точка 2 – вода с центрального водопровода, по адресу ул. Центральная с. Бурибай Хайбуллинского района.

Содержание ТМ (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cd, Hg, Pb) в образцах воды определяли в химической лаборатории ООО «Башмедь». В данной лаборатории для исследований применяют методику измерений массовых концентраций железа, кадмия кобальта, марганца, никеля, меди, цинка, хрома и свинца в питьевых, поверхностных и сточных водах методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии (ПНД Ф 14.1:2.4.214-06).

Для оценки качества питьевой воды использовали кратность превышения нормативов СанПиН 2.1.4.1074-01 [4].

Исследования показали, что концентрации меди, цинка, железа и никеля в образцах питьевой воды находились в пределах нормы согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 (табл.).

Отмечена высокая вариация содержания марганца в образцах питьевой воды (0,0004-0,1111 мг/л). В точке 1 концентрации марганца превышают нормы по СанПиН 2.1.4.1074-01, но не превышают предельно-допустимые концентрации (ПДК=0,5 мг/л).

В таблице видно, что такие тяжелые металлы, как свинец, кадмий, кобальт не обнаружены в питьевой воде.

Результаты исследований питьевой воды на наличие тяжелых металлов

Химические элементы, мг/л	Янтышеская питьевая вода со скважины, Точка 1	Бурибаевская вода с центрального водопровода, Точка № 2	Норма по СанПину	НД на МВИ КХА
Медь	0,0123±0,0025	0,0140±0,0028	1,0	ПНД Ф 14.1:2:4.214-06
Цинк	0,043±0,007	0,0797±0,013	5,0	
Железо	0,0656±0,011	0,0472±0,008	0,3	
Свинец	–	–	0,03	
Никель	0,0408±0,007	0,0099±0,0030	0,1	
Марганец	0,1111±0,019	0,0004±0,0001	0,1	
Кадмий	–	–	0,001	
Кобальт	–	–	0,1	

Примечание: – не обнаружены.

Таким образом, питьевая вода с центрального водопровода и со скважины соответствуют требованиям СанПин 2.1.4.1074-01.

Библиографический список

1. Елисеенкова М. В., Береговская Т. И. Оценка экологической безопасности питьевой воды по содержанию тяжелых металлов // Актуальные вопросы биотехнологии и ветеринарных наук: теория и практика : материалы национальной науч. конф. Института ветеринарной медицины. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2019. С. 146–150.
2. Гашикова Т. В. Об экологическом нормировании качества питьевой воды и производственном контроле за соблюдением его требований // Проблемы укрепления законности и правопорядка: наука, практика, тенденции. 2020. № 13. С. 80–86.
3. Метелица Н. Д., Ганичев П. А., Носков С. Н. Управление качеством питьевой воды. Краткий литературный обзор // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. Т. 14. № 1. С. 307–319.
4. СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды не централизованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы».

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ГОРОДА КИРОВА

М. В. Парфенова, В. Н. Кулаков, Г. И. Березин

Вятский государственный университет, khoroshavina.mariya@mail.ru

Существует серьезная экологическая проблема – загрязнение и уничтожение малых рек. Особенно остро данная проблема проявляется в городах. В статье приводится характеристика малых рек города Кирова, а также дается оценка экологического состояния данных водных объектов по уровню их загрязнения нефтепродуктами и тяжелыми металлами.

Ключевые слова: малые реки, загрязнение, нефтепродукты, тяжелые металлы.

Малыми принято считать реки протяженностью от 10 до 200 километров. Являясь начальными звеньями гидрографической цепи, они располагаются, как правило, в одной географической зоне. В России находится примерно 2,5 миллиона малых рек и ручьев, что в среднем составляет около 50% среднего речного стока по стране. Значительная часть населения Российской Федерации проживает на берегах малых и средних рек [1].

Существует серьезная экологическая проблема – загрязнение и уничтожение малых рек. Они часто загрязняются местными предприятиями. К сожалению, существует и другое опасное явление – в водных объектах все чаще стало происходить заиление и захламление природным и человеческим мусором. Состояние таких рек плачевное, они действительно находятся на грани исчезновения.

Кировская область обладает значительными водными ресурсами, основу которых составляют ресурсы речного стока и пресные подземные воды. В области насчитывается 19753 реки общей протяженностью 66,6 тыс. км [2]. Большинство водотоков в области представлено ручьями и малыми реками, а большие реки – их верховьями. Являясь крупным индустриальным центром регионального значения, город Киров на протяжении последних десятилетий сталкивается со значительными экологическими проблемами. Промышленные объекты, в том числе предприятия химической промышленности и энергетики, выбрасывают в окружающую среду вредные соединения, свою долю в общем загрязнении имеет также транспорт.

Целью работы является оценка загрязнения воды малых рек города Кирова ТМ и нефтепродуктами.

Объектами исследований явились реки Хлыновка, Плоская, Люльченка Мостовица и Великая.

Река Люльченка является левобережным притоком озера Белужье и впадает в него на 12 км от устья. В верховьях и среднем течении река протекает по территории г. Кирова, где в нее осуществляют сброс сточных вод ряд промышленных предприятий: ФГУП «Завод «Сельмаш»», ОАО «Веста», ОАО «Кировский маргариновый завод», ОАО «Кировский завод «Маяк», ОАО «Кировский машиностроительный завод 1 Мая», ОАО «ТГК № 5» (Кировский филиал ТЭЦ-4) [3, 4]. В пределах городской территории в водоохранной зоне реки много мусора, отходов производства. Из-за неправильного регулирования русла в отдельных местах пойма заболочена.

Река Хлыновка является левобережным притоком р. Вятки и впадает в нее на 694 км от устья. В нижнем и среднем течении река протекает по территории г. Кирова, промышленные предприятия которого оказывают на нее негативное влияние; в верхнем течении – по незагрязненному ландшафту [3, 4]. В пределах городской территории непосредственно в реке, а также во время обследования прибрежных территорий наблюдался мусор, свалки ТБО и отходов производства.

Река Плоская протекает по территории п. Коминтерновский Первомайского района г. Кирова и является правобережным притоком р. Вятки, впадает

в нее на 690 км от устья. В реку Плоская в черте населенного пункта п. Коминтерновский осуществляется выпуск производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод от следующих предприятий: ООО «Водоочистка»; МУП «Водоканал» (ранее ООО «Водоотведение») [5].

Река Мостовица берет начало в смешанном лесу из небольшого озера родникового происхождения, примерно в 1 км к западу от д. Ломоносовская и протекает по южной части г. Кирова, является левобережным притоком р. Хлыновки и впадает в нее на 5 км от устья. В реку Мостовица в черте г. Кирова осуществляется выпуск производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод от следующих предприятий: ЗАО «Кировский завод приводных цепей», ФГУП «Завод «Сельмаш», Кировская нефтебаза Кировского филиала ООО «Лукойл-Пермнефтепродукт», Локомотивное депо г. Кирова и Кировский филиал ФГУП ДОП-3 [6].

В качестве фона использовали пробы воды, отобранные из реки Великая. Это крупная водная артерия, которая является правым притоком Вятки. Исток этой полноводной реки находится примерно в 15 километрах от г. Мураши. В верховьях Великой на ее берегах наблюдается преимущественно лесная растительность. Русло имеет достаточно извилистую форму. На речных берегах имеются небольшие заливные озера и старицы. Бассейн реки Великой включает в себя развитую сеть притоков [7].

Участки отбора проб воды находились на территории, максимально удаленной от возможных источников воздействия, отбор проб осуществляли в осенний период 2021 г.

Был проведен химический анализ проб воды данных водотоков. Для определения содержания ТМ (цинка, свинца, меди, марганца, кадмия, никеля) в пробах воды применяли метод атомно-адсорбционной спектроскопии [8]. Результаты анализа проб воды на содержание ТМ представлены в таблице.

Таблица

Содержание тяжелых металлов в пробах воды, мг/дм³

Химический элемент	Река				
	Хлыновка	Люльченка	Плоская	Мостовица	Великая
Cu	0,006±0,001	0,008±0,002	0,004±0,001	0,005±0,001	<0,005
Zn	0,011±0,003	0,036±0,009	0,004±0,001	0,006±0,002	0,019±0,005
Mn	0,09±0,02	0,15±0,03	<0,05	0,06±0,01	<0,05
Pb	<0,005			0,006±0,002	<0,005
Cd	<0,0005				
Ni	<0,01				

Установлено, что концентрации кадмия и никеля во всех пробах воды не превышала фоновое значение. Концентрация цинка превысила значения фона в пробе из реки Люльченка, а концентрация свинца превысила значение фона в реке Мостовица. Кроме того, наблюдается превышение фона по марганцу в пробах воды из рек Хлыновка, Люльченка и Мостовица, и меди в пробах воды из рек Хлыновка и Люльченка. Концентрация меди превысила

значение фона во всех пробах воды. Это может быть связано с многочисленным скоплением бытового и строительного мусора по берегам рек.

Также в работе проводилось определение нефтепродуктов флуориметрическим методом [9]. Превышение ПДК было отмечено в пробах воды из рек Хлыновка (90 раз), Люльченка (22 раза) и Мостовица (58,8 раз) (рис.). Это связано с тем, что загрязнение воды нефтепродуктами – явление очень распространенное. Промышленные стоки, аварии при нефтеперевозке, стоки с АЗС и автотранспорта – все это приводит к загрязнению поверхностных водотоков, ухудшая органолептические качества воды. Неблагоприятное воздействие нефтепродуктов сказывается различными способами на организм человека, животный мир, водную растительность и биологическое состояние водоема.

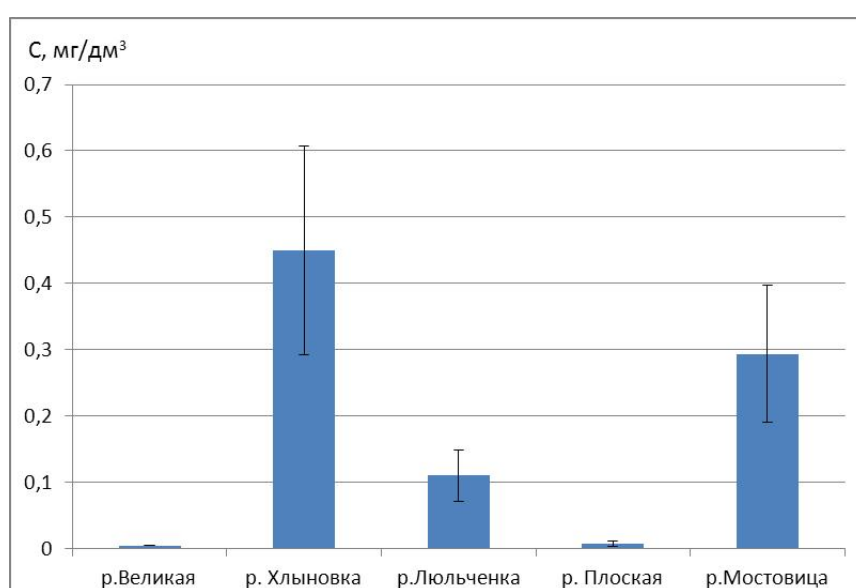


Рис. Содержание нефтепродуктов воде малых рек г. Кирова, мг/дм³

Таким образом, сравнивая исследуемые малые реки с фоном можно сказать, что вода в реках г. Кирова – Хлыновка, Люльченка и Мостовица более грязная, чем в р. Великая, что обусловлено следующими факторами: застроенные территории, сбросы сточных вод с промышленных предприятий, ливневые стоки с автомобильных и железнодорожных магистралей, АЗС и т. п. Экологическая обстановка исследуемых малых рек в г. Кирове далека от идеальной.

Библиографический список

1. Деградация и исчезновение малых рек - одна из самых острых экологических проблем современности [Электронный ресурс]. – URL: <https://greenologia.ru/eko-problemy/gidrosfera/ischeznovenie-malyx-rek.html> (дата обращения: 28.03.2022).
2. Охрана водных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: <https://priroda.kirovreg.ru/activities/water-resource/> (дата обращения: 30.03.2022).
3. Оценка состояния малых рек города Кирова под воздействием антропогенных факторов. Киров : ОГУ «ВятНТИЦМП», 2005. 4 с.

4. Информационный отчет. Результаты наблюдений за состоянием водных объектов на территории г. Кирова в 2018 г. Киров : КОГБУ «КОЦООСП», 2017. 5 с.
5. Информация по запасам подземной воды по микрорайону «Коминтерновский» и по качеству р. Плоская. Киров : КОГБУ «ВятНТИЦМП», 2016. 8 с.
6. Информационный отчет. Гидрогеологические и гидрохимические характеристики р. Мостовица. Киров : АО «ВятНТИЦМП», 2010. 3 с.
7. Колчанов В. И. Природа, хозяйство, экология Кировской области. Киров, 1996. 591 с.
8. ПНД Ф 14.1:2:4.139-98. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций кобальта, никеля, меди, цинка, хрома, марганца, железа, серебра, кадмия и свинца в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-адсорбционной спектрометрии. М. : Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды, 1998. 5 с.
9. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». М. : Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды, 1998. 5 с.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЧАРВАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

М. Э. Саттаров, С. Ш. Сиддиков

*Научно-исследовательский институт окружающей среды и
природоохранных технологий при Госкомэкологии Республики Узбекистан,
m_sattorov@mail.ru*

В статье представлены данные о современном состоянии окружающей среды Чарвакского водохранилища и даны научные рекомендации по снижению антропогенного воздействия на водохранилище.

Ключевые слова: туристический объект, водохранилище, окружающая среда, человек, фактор.

Строительство водохранилищ началось 5000 лет назад. За последние 70–80 лет строительство водохранилищ ускорилось. Водоохранилища обеспечивают потребности многих отраслей экономики, таких как ирригация, водоснабжение, электроэнергия, судоходство, рыболовство, борьба с наводнениями и др. Изменчивость речного стока в течение года и неравномерное его распределение по территории региона обуславливают необходимость строительства водохранилищ. Водоохранилища регулируют поток воды по сезонам и годам, позволяя перераспределять его по районам, а также по каналам и другим водопропускным трубам [1].

Сегодня одним из главных условий рационального использования водных ресурсов является строительство и правильное использование водохранилищ. Однако нельзя забывать и о негативных последствиях антропогенного воздействия на природу. Воздействие водоемов на природу во время и после

строительства мы можем узнать по нескольким факторам. Не секрет, что строящиеся водоемы напрямую воздействуют на окружающую среду через строительные площадки и используемые на них строительные инструменты.

Воздействие готовых резервуаров на окружающую среду следующее: мутность в водоемах; повышение уровня грунтовых вод; снижение водообмена; возникновение оползней; вероятность землетрясений в результате строительства высоких дамб и высокого давления воды; возникновение эрозийных процессов.

Глина, песок и гравий, приносимые реками, накапливаются в водохранилище и делают его мелководным, а это означает, что минеральные питательные вещества не достигают посевных площадей. Снижение водообмена – плотины на водохранилищах снижают водообмен в 12 раз, что приводит к гибели рыбы. Оползни – в больших водоемах вода часто колеблется и размывает берега, вызывая оползни [2].

Чем больше поверхность водоема по отношению к количеству воды, тем быстрее она будет минерализоваться. Есть еще один недостаток воды в резервуарах: обильный рост водных растений. Для предотвращения развития микроорганизмов в воде с помощью самолетов распыляют 0,5 г CuSO_4 (медный купорос) на 1 м воды, что позволяет воде самоочищаться. В зависимости от материала изготовления резервуары делятся на следующие виды: дамбы грунтовые, бетонные, каменные, железобетонные, габионные плотины.

Сегодня в Узбекистане насчитывается 55 водохранилищ. Чарвакское водохранилище – гидротехническое сооружение, построенное в верховьях реки Чирчик (1963–1970 гг.). Оно было построено для обеспечения водой сельского хозяйства, предотвращения наводнений и других целей. Чарвакское водохранилище сезонно регулирует потребление речной воды. Водохранилище построено между Чаткальскими и Угамскими горными хребтами. Каменно-земляная плотина в длину достигает 768 м, в высоту – 168 м и в ширину по вершине – 12 м. Плотина имеет два тоннеля длиной 800 м и диаметром 11 м для подачи воды на Чарвакскую ГЭС. Общая емкость Чарвакского водохранилища составляет 2006 млн м^3 , из них полезный объем воды 1580 млн м^3 , уровень водной поверхности 40,1 км^2 , ширина местами 10 км, длина 19 км, наибольшая глубина 131 м, средняя глубина 55 м. В водохранилище впадают реки Пискем, Коксув и Чаткал. Водохранилище оборудовано шахтным (1200 $\text{м}^3/\text{с}$) и 2-ступенчатым (450 $\text{м}^3/\text{с}$ и 500 $\text{м}^3/\text{с}$) водовыпусками, выпускающими воду при достижении расходом воды опасного уровня [3].

Чарвакское водохранилище обеспечивает стабильную подачу воды в Чирчик-Бозсув бассейн. Строительство водохранилища обеспечило стабильное водоснабжение более 355000 га земель в Ташкентском оазисе и Южно-Казахстанской области Республики Казахстан в маловодные годы (в том числе 150 000 га вновь осваиваемых земель), а также ликвидацию паводков в верховьях реки Чирчик. С начала 2000-х годов на берегах Чарвакского водохранилища строятся крупные курорты международного уровня. Сельскохозяйственные земли Чарвакского водохранилища используются для орошения,

поэтому летом уровень воды в водохранилище значительно снижается. В водах Чарвакского водохранилища водятся такие рыбы как карп, маринка, форель, сиг и пелядь.

Прибрежные поселки Бурчмулла, Богистан, Янгикурбан, Юсуфхана, Сиджак и другие протянулись примерно на 100 км вдоль побережья Чарвака. Вокруг Чарвака красивые горные пейзажи. Поселки соединяет кольцевая дорога. Человеческая цивилизация вокруг водохранилища имеет давнюю историю, как пример поселения первобытных людей на реке Пальтау (Пальтаусой). В Ходжикенте (10-15 минут на машине до Чарвака) есть древняя пещера с петроглифами (на скальных рисунках).

Чарвакское водохранилище густо заселено и укомплектовано в основном работниками туристических объектов. В настоящее время вокруг Чарвакского водохранилища расположено 666 туристических объектов.

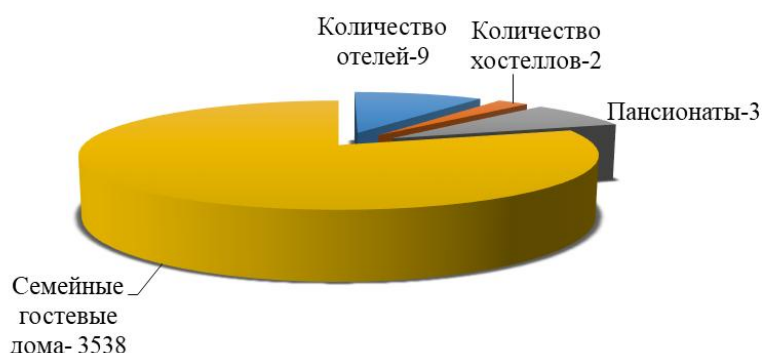


Рис. 1. Количество и тип туристических объектов вокруг Чарвакского водохранилища

Воздействие антропогенных факторов вокруг Чарвакского водохранилища носит сезонный характер, при этом воздействие на природу значительно возрастает преимущественно в летний период. Летом количество местных и иностранных туристов, посещающих регион, превышает 200 000 человек. Для предотвращения этих проблем необходимо увеличить количество специальных полигонов для захоронения отходов вокруг Чарвакского водохранилища и принять такие меры, как строительство малых перерабатывающих заводов и охрана природных ландшафтов.

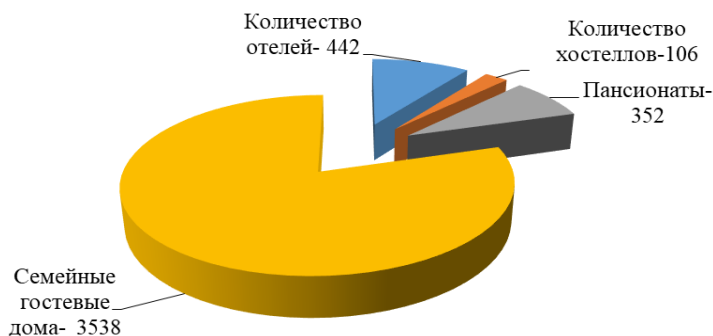


Рис. 2. Количество коек туристических объектов вокруг Чарвакского водохранилища

В целях развития туризма и снижения антропогенного воздействия на окружающую среду вокруг Чарвакского водохранилища постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан № 499 от 6.08.2021 г. «О комплексных мерах по предотвращению сокращения растительности в горах и предгорьях вокруг Чарвакского водохранилища» утверждена Комплексная программа мероприятий по предотвращению сокращения растительного покрова Чарвакского водохранилища и окружающих его гор и предгорий и принято решение об:

- увеличение количества деревьев и кустарников в составе местной флоры для предотвращения облесения горных и предгорных территорий и эрозии земель;
- создании защитных полос из деревьев для смягчения последствий сильных ветров и пыльных бурь;
- регулировании площадей выпаса скота и зон образования и складирования отходов;
- организации масштабных исследований, направленных на изучение системных факторов, влияющих на сокращение растительного покрова;
- охране окружающей среды, охране здоровья населения;
- осуществлении комплексных мероприятий по озеленению [4].

Решение направлено на снижение антропогенного воздействия на окружающую среду Чарвакского водохранилища в будущем.

Библиографический список

1. Мелибоев А. Р., Содикова С. Путешествие в таинственный мир воды. Ташкент : Фан Зиёси, 2008. С. 20–23.
2. Апахужаева У. Т. Гидравлика водоемов. Ташкент : Издательство «Укитувчи», 2007. 64 с.
3. Водные объекты Чарвакского водохранилища [Электронный ресурс]. – URL: www.researchgate.net/publication/283211965_Environmental_Impacts_of_Reservoirs (дата обращения: 01.04.2022).
4. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 6.08.2021 № 499 «О комплексных мерах по предупреждению сокращения растительности в горах и предгорьях вокруг Чарвакского водохранилища» [Электронный ресурс]. – URL: <https://lex.uz/ru/docs/5557481> (дата обращения: 01.04.2022).

МОНИТОРИНГ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕКИ ЯУЗА НА ТЕРРИТОРИИ г. МЫТИЩИ (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

***Ю. М. Базунова, О. Г. Радугина, А. С. Чепрасова,
Н. Д. Свердлова, Д. Б. Петренко***

Московский государственный областной университет, y.bazunova@yandex.ru

В статье приводятся результаты мониторинга поверхностных вод реки Яузы на территории города Мытищи Московской области за 2015–2021 гг. Определялись концентрации нитрат- и хлорид-ионов, иона аммония, перман-

ганатной окисляемости, тяжелых металлов, значения рН и мутности исследуемых проб.

Ключевые слова: Московская область, г. Мытищи, река Яуза, мониторинг, химический анализ, поверхностные воды.

Рост населения Москвы и Московской области, значительное увеличение числа автомобилей, развитие отраслей промышленности наносит непоправимый ущерб водным экосистемам региона. В связи с этим необходимо регулярное проведение экологического мониторинга для изучения динамики загрязнения поверхностных вод. Под действием факторов антропогенной нагрузки изменяются органолептические свойства воды, происходит увеличение концентраций хлорид-, нитрат-ионов, ионов аммония, тяжелых металлов, нередко превышающих предельно-допустимые значения, а также загрязнение органическими веществами, что в свою очередь вызывает снижение растворенного в воде кислорода [1, 2].

Река Яуза является крупным притоком Москвы реки и имеет существенное рекреационное значение. На всем своем протяжении река испытывает сильнейшую антропогенную нагрузку.

Начиная с 2015 г. власти Московской области усилили контроль сброса сточных вод в реку Яузу и с 2016 г. начали проводить ее реабилитацию и реконструкцию в пределах Городского округа Мытищи по программе «Экология и окружающая среда Подмосковья» на 2017–2026 гг. с целью восстановления [3]. В 2020 г. средства массовой информации сообщали о сбросах нефтепродуктов и песчано-глинистых веществ в реку Яузу.

Целью нашей работы было проведение эколого-химической оценки динамики состояния поверхностных вод реки Яуза на территории г. Мытищи.

Пробы отбирали в сентябре на 6 участках на равноудаленном расстоянии друг от друга на участке реки, протекающем по территории города Мытищи, протяженностью 5,5 км. Схема отбора проб приведена на рисунке 1. Исследования проводили в период 2015–2021 гг. Пробы отбирали в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05-85 [4].

В ходе исследования определяли следующие показатели: содержание иона аммония (спектрофотометрическим методом); содержание хлорид-иона (титриметрический метод); нитрат-ион, рН раствора (потенциометрический метод); железо и тяжелые металлы (атомно-абсорбционная спектрофотометрия) [5, 6]. Дополнительно в пробах воды, отобранных в 2021 г., проводился анализ перманганатной окисляемости и мутности.

Результаты проведенного анализа представлены в таблице в виде среднегодовых значений исследуемых показателей.

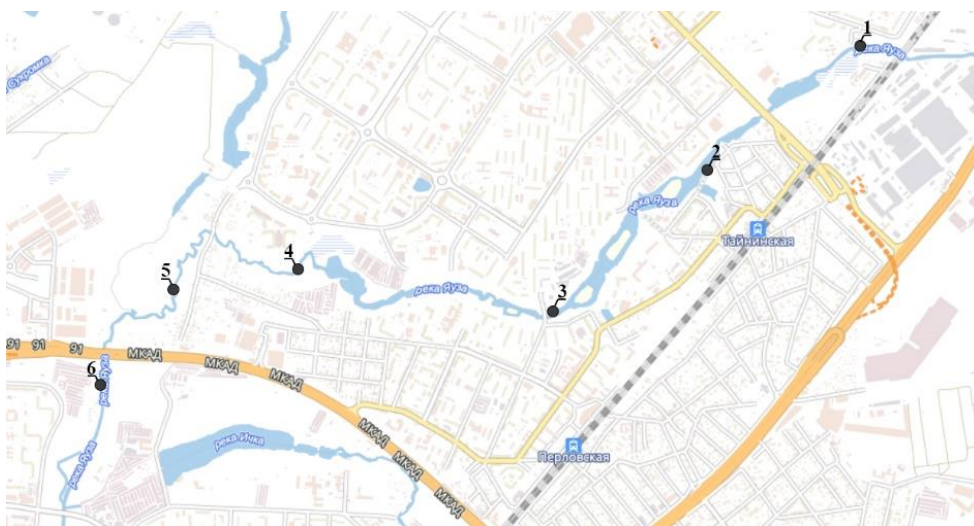


Рис. 1. Схема отбора проб воды р. Яуза

Таблица

**Результаты лабораторных исследований поверхностных вод р. Яузы
за 2015-2021 гг.**

Год	Показатели						
	Cl ⁻ , мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	Fe, мг/дм ³	Cu, мг/дм ³	Zn, мг/дм ³	pH
2015	32	4,6	0,39	0,58	0,01	0,02	7,12
2016	39	11,4	3,53	0,07	0,01	0,03	7,64
2017	43	5,7	0,62	0,14	0,08	0,67	7,85
2021	51	17,8	0,18	0,16	0,09	0,04	7,73
ПДК	350	45	2,0	0,3	1,0	5,0	6-9

Концентрация хлорид-иона колеблется от 32 до 51 мг/дм³. Наблюдается устойчивый рост содержания хлоридов. По сравнению с минимальными значениями, зафиксированными в 2015 г., в 2021 г. среднегодовой показатель концентрации хлоридов увеличился на 60%. Содержание хлорид-иона пока не вызывает опасений, поскольку предельно-допустимая концентрация (ПДК) составляет 350 мг/дм³.

Минимальные среднегодовые концентрации нитрат-иона за 2015–2021 гг. составили 4,6 мг/дм³, максимальные 17,8 мг/дм³. Среднегодовой показатель концентрации нитратов с 2015 г. увеличился в 3,8 раза. Данные значения имеют выраженную флуктуацию. Интервал колебаний концентраций иона аммония составляет от 0,13 до 3,53 мг/дм³. По сравнению с 2015 г., в 2016 г. концентрация иона аммония резко увеличилась до 1,8 ПДК.

Значение pH воды в реке Яуза на протяжении всего времени исследования не выходило за пределы 7,1–7,7, что соответствует нормативам СанПиН [7].

Среднегодовые концентрации железа колебались в интервале от 0,07 до 0,58 мг/дм³. В 2015 г. было зафиксировано превышение ПДК по данному показателю в большинстве исследуемых проб. Наибольшая концентрация составила 1,3 мг/дм³, превысив ПДК в 4 раза, что, вероятно, обусловлено сточными водами с промышленных предприятий. В последующие годы содержа-

ние железа не превышало ПДК, но наблюдалась динамика увеличения этого показателя с 2016 по 2021 гг., свидетельствующая о процессах деградации гумусовых веществ почв и эрозии почвенного покрова. Вероятно, резкое снижение концентраций железа в период с 2015 по 2016 гг. вызвано усилением контроля над сбросом сточных вод. Превышений по показателям концентраций меди и цинка не выявлено.

В 2021 г. в 1–3 и 5–6 точках зафиксированы превышения ПДК по перманганатной окисляемости, и в 1–3 и 6 точках по показателю мутности (рис. 2).

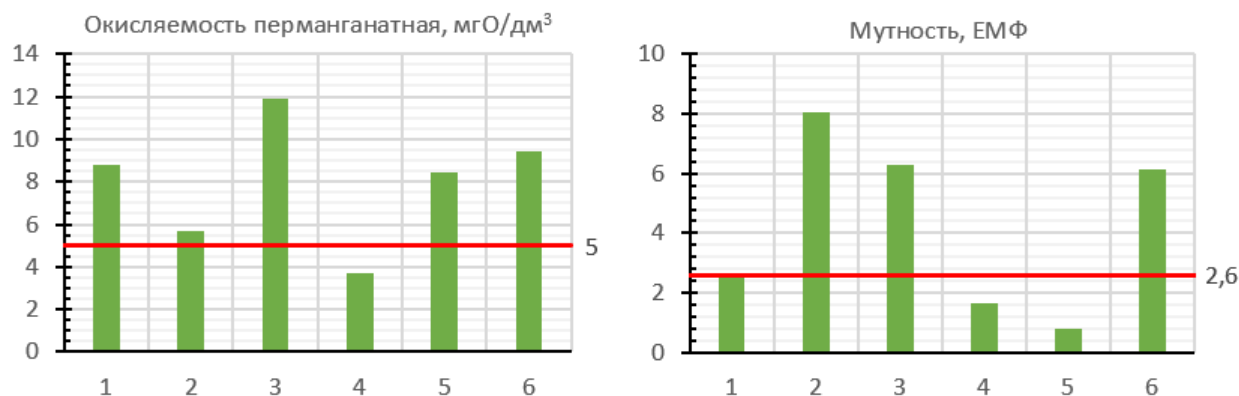


Рис. 2. Показатели перманганатной окисляемости и мутности воды за 2021 г.

Наибольшее значение перманганатной окисляемости зафиксировано на 3 участке отбора проб и составило $11,9 \text{ мгО/дм}^3$, что может быть обусловлено расположением рядом с канализационной насосной станцией, высокие значения этого показателя в других местах отбора, вероятно, вызваны общим высоким содержанием органических соединений в воде в период ее осеннего «цветения». Превышение показателя мутности вызвано поверхностным стоком в период активного выпадения атмосферных осадков осенью и поступления их в реку.

Таким образом, на протяжении всего периода исследования не выявлено превышения ПДК по рН, содержанию Cu, Zn, нитрат- и хлорид-ионов. Содержание общего железа и катиона аммония в отдельных случаях превышает ПДК. По данным за 2021 г. отмечены высокие значения мутности и перманганатной окисляемости, требующие дальнейшего изучения.

Библиографический список

1. Ворончихина К. А., Петренко Д. Б., Васильев Н. В. Оценка экологического состояния поверхностных вод урбанизированных территорий Московского региона по их макрокомпонентному составу // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2017. № 4. С. 76–86.
2. Экологический мониторинг вод Москвы-реки в столичном Мегалополисе / И. М. Яшин, И. И. Васенев, И. В. Гареева, В. А. Черников // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 5. С. 8–25.
3. Постановление Правительства Московской области от 25.10.2016 № 795/39 «Об утверждении государственной программы Московской области «Экология и окружающая»

среда Подмосковья» на 2017-2026 годы [Электронный ресурс]. – URL: <https://mosreg.ru/download/document/71579> (дата обращения: 22.02.2022).

4. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008297> (дата обращения: 16.03.2022).

5. Семенов А. Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 541 с.

6. ФР.1.31.2005.01774 Методика выполнения измерений водородного показателя (рН), общей жесткости, массовых концентраций Cl⁻, Br⁻, I⁻, F⁻ и др. ионов в водных средах методом потенциометрии. М. : Эконикс-эксперт, 2005. 127 с.

7. СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 11.03.2022).

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗЕР КАРАКАЛПАКИИ (УЗБЕКИСТАН) С ПОМОЩЬЮ ИНДЕКСОВ ЗООПЛАНКТОНА

Е. Н. Гинатуллина

НИИ Рыбоводства Узбекистана, e-ginatullina@yandex.ru

В статье приведены результаты исследования зоопланктонных сообществ нескольких озер Каракалпакии (регион нижнего течения р. Амударья), используемых для рыбоводства. Оценка экосистем озер проведена с использованием индексов сапробности и разнообразия сообществ зоопланктона озер.

Ключевые слова: сапробность, трофность, коловратки, кладоцеры, копеподы, Амударья.

Зоопланктон является одним из важнейших функциональных звеньев в экосистеме любого водоема, где он выполняет роль биофильтра и активно влияет на формирование качества воды. Состав, структура и уровень развития зоопланктона определяет направление и интенсивность потока вещества и энергии в водоемах.

В 30-е годы XX века минерализация воды дельтовых озер Каракалпакии была низкой и колебалась в пределах 0,6–1,7 г/л (они питались через р. Амударья и имели прямую связь с Аральским морем). Одним из таких озер было оз. Восточный Каратерень, зоопланктон которого в 1933 г. был представлен типично пресноводным планктоном [1]. В зоопланктоне озера присутствовали коловратки *Keratella quadrata*, *Brachionus angularis* и *Asplanchna* sp. и веслоногие ракообразные *Phyllodiaptomus blanci* и *Thermocyclops crassus*. Видовое разнообразие ветвистоусых ракообразных (кладоцер) наблюдалось благодаря развитию фитофильного комплекса: *Sida crassallina*, *Pleuroxus laevis*,

Simocephalus vetulus, *Eurycercus lamellatus*, *Acroperus harpae* и др. Среди планктонных видов встречались *Diaphanosoma brachiurum* и *Moina dubia*.

Но уже в конце 40-х годов XX века, в связи с интенсивным использованием воды на ирригационные нужды, связь с морем озера В. Каратерень прекратилась, площадь озера сократилась, а его минерализация увеличилась до уровня солоноватоводных систем. В 1946 г. зоопланктон озера был отмечен полным отсутствием пресноводных видов [2]. Они были заменены немногими галофильными видами: *Brachionus plicatilis*, *Moina microphtalma* (*Moina salina*) и *Arctodiaptomus salinus*, обильно представленными в зоопланктоне.

По нашим данным, в июне 2004 г. биомасса оз. Восточный Каратерень составляла 2400 мг/м³, численность – 178 тыс.экз./м³ в прибрежной зоне, а в пелагиале – 1400 мг/м³ и 100 тыс.экз./м³ соответственно. По биомассе зоопланктона доминировали ветвистоусые рачки (95%): *Diaphanosoma mongolianum*, *Daphnia longispina* и *Bosmina sp.* Кроме того, встречались такие виды: *Arctodiaptomus salinus*, *Acantocyclops trajani*, *Cyclops vicinus*, *Thermocyclops vermifer*. Также в это время в зоопланктоне озера были обнаружены представители личинок видов зообентоса, обитающих ранее в Аральском море: *Ceratum hirundinella*, *Turkgammarus aralensis*, *Dreissena polymorpha aralensis* [3].

Начиная с середины XX века в озерах Каракалпакии зоопланктон был представлен более разнообразно только в пресноводных озерах. Так, в пробах из оз. Ходжакуль Каракалпакии (минерализация > 3 г/л) были обнаружены следующие виды ракообразных: *Diaphanosoma mongolianum*, *Moina dubia*, *Bosmina sp.*, *Daphnia longispina*, *D. galeata*, *Ceriodaphnia pulchella*, *C. dubia*, *Alona costata*, *Alona exise*, *Macrotrix sp.*, *Biapertura affinis*, *Acroperus angustatus*, *Scapholeberis mucronata*, *Simocephalus vetulus*, *Sida cristallina*, *Macrocyclus albidus*, *Eucyclops macruroides*, *Paracyclops fimbriatus*, *Cryptocyclops bicolor*, *Thermocyclops crassus*, *Th. vermifer*, *Th. rylovi*, *Phyllodiaptomus blanci* [3].

Целью настоящего исследования была оценка с использованием индексов зоопланктона экологического состояния и трофического статуса 4 озер в северно-восточной части Каракалпакии, используемых для рыбоводства (лов рыбы и ежегодное зарыбление арендаторами): Довуткуль, Ахчакуль, Восточный Каратерень и Наймань .

Пробы зоопланктона были отбраны с 27 по 30 июня 2020 г. с помощью конической сети Джели (d = 14 см, газ ячея №68). Обработка проб и фиксация формалином проведены в соответствии с [4].

Определение видового состава зоопланктона проводили под бинокуляром и микроскопом с использованием общепринятых определителей [5, 6].

Для сравнения зоопланктонных сообществ на исследованных станциях мы использовали два индекса: индекс сапробности/органического загрязнения (S) и индекс выравнивания сообщества (D).

Определение индекса сапробности зоопланктона на станции исследования S определяли по формуле [7]:

$$S = \sum hs / \sum h,$$

где h – частота встречаемости особей вида, характеризующаяся следующими оценками: 1 – единично, 3 – редко, 5 – часто, 7 – очень часто, 9 – массовое количество; s – индикаторный вес вида.

Индекс выравнивания (разнообразия) зоопланктонного сообщества определяли по формуле:

$$D = b_{i \max} / B,$$

где B – общая биомасса сообщества, $b_{i \max}$ – биомасса самого обильного вида; принимает значения от 0 до 1. Уменьшение индекса показывает увеличение разнообразия и снижение степени доминирования одного вида, то есть улучшение состояния сообщества.

Результаты исследований в июне 2020 г. представлены ниже. Так как, пробы зоопланктона отбирались с берега, репрезентативной оказалась только проба из оз. Довуткуль в процессе обработки которой было обнаружено 14 видов зоопланктона (табл. 1), в том числе 10 видов коловраток, 3 вида кладоцер и 1 вид копепоид. Доминировали в пробе зарослевые формы коловраток: *Lecane thalera* Harring & Myers и *Lecane lamellate* Daday, а в группе ракообразных – ветвистоусый рачок *Chydorus sphaericus* O.F.Mull. Среди коловраток субдоминировала *Euchlanis lura* Hudson, остальные коловратки были представлены единично или редко. Редко встречалась крупная (800 мкм) зарослевая коловратка *Euchlanis triquetra* Ehrenb и ветвистоусый рачок *Daphnia cucullata* Sars. Из других ракообразных единично присутствовали в пробе кладоцера *Sida cristallina* O.F.Mull и циклоп *Eucyclops serrulatus* Fisher.

Кроме оз. Довуткуль, зоопланктон был обнаружен в оз. Восточный Каратерень, но был представлен не так разнообразно: коловратками *Mutillina ventralis* Ehrenb. и *Brachionus angularis* Gosse и копеподами: гарпоктицида *Onychocamptus bengalensis* Sewell и Cyclopoida gen. sp.

Таблица 1

Видовой состав зоопланктона озер Каракалпакии, массовость и индекс сапробности

Дата / Название станции	Видовой состав	(h)	(s)	N, экз./м ³	B, мг/м ³
1	2	3	4	5	6
27.06.2020 Озеро Довуткуль	Rotifera				
	<i>Lecane thalera</i> Harring^Myers	7	β- 1,6	3500	1,96
	<i>Lecane lamellate</i> Daday	7	β- 1,6	2500	1,1
	<i>Lecane unguate</i> Gosse	3	β-α- 1,74	150	0,05
	<i>Euchlanis lura</i> Hudson	5	β-α- 1,5	1230	0,86
	<i>Euchlanis triquetra</i> Ehrenb.	3	β- 1,65	430	0,9
	<i>Hexarthra oxuris</i> Zernov	3	β- 1,7	120	0,06
	<i>Brachionus quadridentatus brevispinus</i> Ehrenb.	3	β- 1,7	100	0,05
	<i>B.q. ancylognatus</i> Schmarda	1	β-α - 1,8	50	0,03
	<i>Collotoca gen. sp.?</i>	1	-	70	0,035
	<i>Bdelloidella gen. sp.</i>	1	-	50	0,025

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
27.06.2020 Озеро Довуткуль	Cladocera				
	<i>Chydorus sphaericus</i> O.F.Mull	7	β - α - 1,75	5000	85
	<i>Daphnia cucullata</i> Sars	3	β - α - 1,75	250	11,6
	<i>Sida cristallina</i> O.F.Mull	1	β - α - 1,3	50	2,5
	Copepoda				
	<i>Eucyclops serrulatus</i> Fisher	3	β - 1,65	300	5,2
	nauplii	3		750	1,5
29.06.2020 Озеро Восточный Каратерень	Rotifera				
	<i>Mutillina ventralis</i> Ehrenb.	3	β - α - 1,42	100	0,05
	<i>Brachionus angularis</i> Gosse	1	β - α - 1,74	20	0,01
	Copepoda				
	<i>Onychocamptus bengalensis</i> Sewell	3	–	200	4,1

Видовое разнообразие зоопланктона было наибольшим для группы коловраток – 12 видов. Представители коловраток, обнаруженные в пробе, также, как и представители группы клadoцер и копепод, это литоральные пресноводные (олигогалинные) или эврибионтные виды. Зоопланктонные сообщества обоих озер в основном представлены зарослевыми видами из группы коловраток, клadoцер и копепод. Если по видовому разнообразию в оз. Довуткуль преобладали коловратки, то по численности и биомассе доминировали представители клadoцер: *Chydorus sphaericus* O.F.Mull (5 тыс. экз/м³ и 85 мг/м³ соответственно) и *Daphnia cucullata* Sars (0,25 тыс. экз/м³ и 11,6 мг/м³ соответственно). Общая численность и биомасса зоопланктона в оз. Довуткуль составляла 14,55 тыс. экз/м³ и 109,62 мг/м³. В оз. Восточный Каратерень биомасса и численность составили – 0,32 тыс. экз/м³ и 4,16 мг/м³ соответственно (табл. 2).

Уровень трофности озер, определенный по биомассе зоопланктона в соответствии с [6], показал олиготрофность озер Давуткуль и Восточный Каратерень, что, вероятно, связано с лимитацией биогенных веществ в озерах.

Таблица 2

Видовое и количественное разнообразие 3-х таксономических групп зоопланктона

Дата	Номер станции	Таксономическая группа	Количество видов в группе	N, экз./м ³	B, мг/м ³
27.06.2020	Озеро Довуткуль (ст. № 1)	Rotifera	10	8200	4,82
		Cladocera	3	5300	98,1
		Copepoda	1	1050	6,7
29.06.2020	Озеро Восточный Каратерень	Rotifera	2	120	0,06
		Cladocera	0	0	0
		Copepoda	2	200	4,1

Значения вычисленных индексов сапробности и выровненности зоопланктонных сообществ приведены ниже.

Индекс сапробности (S) для оз. Довуткуль составил 1,5, а для оз. Восточный Каратерень – 1,6. Таким образом, оба озера относятся к мезо-сапробным водоемам, то есть умеренно загрязненным органическими соединениями, с чертами олигосапробности в пелагической зоне.

Индекс выравненности сообщества (D) для оз. Довуткуль составил 0,73, а для оз. Восточный Каратерень – 0,99, что свидетельствует об относительной неравномерности распределения видов в сообществе второго озера по сравнению с оз. Довуткуль.

Для оценки степени загрязнения водоемов используют также такие показатели зоопланктона, как число видов и соотношение числа видов кладоцер к числу видов копепод. Так, при органическом загрязнении водоема происходит обеднение видового состава зоопланктона и, как правило, выпадение крупных ракообразных и преобладание мелких форм. При увеличении уровня минерализации в сообществе зоопланктона доминируют копеподы.

Используя вышеуказанные показатели, можно сделать вывод о том, что только в оз. Довуткуль качество водной экосистемы остается на уровне, пригодном для разведения рыбы.

Библиографический список

1. Никольский Г. В., Панкратова В. Я., Ягудина С. И. Материалы по рыбному хозяйству среднего и нижнего течения Амударьи // Труды Аральского отд. ВНИРО. М. : ВНИРО, 1933. Вып. 1. С. 12–16.
2. Акатова Н. А. Материалы к изучению планктона низовьев Амударьи // Сб. науч. тр. ЗИН. Л. : АН СССР, 1950. Т. 9. Вып. 1. С. 79–89.
3. Гинатуллина Е. Н. Зоопланктон равнинных трансформированных озер Узбекистана : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.08. Ташкент, 2010. 22 с.
4. Салазкин А. А., Иванова М. Б., Огородникова В. А. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах // Зоопланктон и его продукция : Сб. науч. тр. Л. : АН СССР, 1984. С. 33–38.
5. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С. Я. Цалолихина // Ракообразные. В 2-х т. Т. 2. СПб. : Зоол. ин-т РАН, 1995, 628 с.
6. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2007. 395 с.
7. Унифицированные методы биологического анализа вод. Часть 3 // Методы биологического анализа вод. М. : СЭВ, 1975. 234 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЕМОВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕР ГЛУБОКОЕ И КРУГЛОЕ

А. В. Белик, И. Л. Суров

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
igsurow@yandex.ru, abelik36@gmail.com*

В статье приведены результаты органолептического и химического анализов поверхностных вод озер Глубокое и Круглое, находящихся около населенных пунктов Ямное и Новоподклетное.

Ключевые слова: загрязнение, поверхностные воды, химические элементы, нитраты.

Озера Глубокое и Круглое находятся в Рамонском районе Воронежской области, рядом с населенными пунктами (н. п.) Ямное и Новоподклетное. Озеро Глубокое находится в низовье, с одной стороны озера расположены н. п. Новоподклетное и Ямное, а с другой сельскохозяйственные угодья. Озеро Круглое отличается большой протяженностью, оно граничит с пригородом Воронежа, н. п. Новоподклетное и территорией лесного массива, выделенного под вырубку, а также имеет протяженную границу с сельскохозяйственными угодьями. Пробы воды из исследуемых озер были отобраны летом 2021 г.: 17 июня, 27 июня и 16 июля. Ниже в таблицах 1 и 2 представлены результаты анализов этих проб.

Таблица 1

Результаты органолептического анализа проб воды

Показатели	Озеро Глубокое			Озеро Круглое			ПДК [1]
	17 июня	27 июня	16 июля	17 июня	27 июня	16 июля	
1	2	3	4	5	6	7	8
Интенсивность запаха	Слабая. Запах замечается, если обратить на это внимание (2 балла)	Слабая. Запах замечается, если обратить на это внимание (2 балла)	Заметная. Запах замечается отчетливо (3 балла)	Заметная. Запах замечается отчетливо (3 балла)	Заметная. Запах замечается отчетливо (3 балла)	Заметная. Запах замечается отчетливо (3 балла)	Слабая. Запах замечается, если обратить на это внимание (2 балла)
Интенсивность вкуса	Слабая. Вкус замечается, если обратить на это внимание (2 балла)	Слабая. Вкус замечается, если обратить на это внимание (2 балла)	Заметная. Вкус замечается отчетливо (3 балла)	Слабая. Вкус замечается, если обратить на это внимание. (2 балла)	Заметная. Вкус замечается отчетливо (3 балла)	Заметная. Вкус замечается отчетливо (3 балла)	Слабая. Вкус замечается, если обратить на это внимание (2 балла)

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Прозрачность воды	Слабо мутная	Слабо мутная	Слабо мутная	Слабо мутная	Слабо мутная	Слабо мутная	Слабо мутная
Взвешенные вещества, мг/дм ³	1,8	1,7	1,7	1,8	1,9	1,5	0,75

Таблица 2

Результаты анализов на количественное содержание химических элементов в пробах воды

Показатели	Озеро Глубокое			Озеро Круглое			ПДК[1]
Сухой остаток, мг/дм ³	990	990	850	993	998	905	1000
Водородный показатель (рН)	7,5	7,8	7,2	7,1	7,0	7,2	6–9
Жесткость воды, мг-экв/дм ³	16,4	15,6	15,9	16,3	16	15,6	7
Кальций, мг-экв./дм ³	9,3	9,9	8,7	9,3	9,2	8,6	7
Магний, мг-экв./дм ³	7,1	7,8	6,9	7	7,5	6,7	5
Сульфаты, мг-экв./дм ³	549	530	591	551	552	530	500
Хлориды, мг/дм ³	207	200	199	206	220	198	350
Карбонаты, мг/дм ³	13	13,1	13,2	13,1	12,8	12,8	15
Бикарбонаты, мг/дм ³	103	102,5	106	104	108	109,1	400
Показатель окисляемости воды, мгО/дм ³	12	12	13,2	12	13	12,9	12
Железа общее, мг/дм ³	0,7	0,9	0,9	0,7	0,6	0,8	0,3
Содержание кислорода в воде, мг/дм ³	4,9	4,8	4,7	4,5	4,6	4,6	не менее 4
Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅), мгО ₂ /дм ³	2,5	2,2	2,5	2,3	2,2	2,3	2,0
Нитраты, мг/дм ³	10	10,1	10,5	10	10,7	10,8	50

По данным, приведенным в таблице 1, видно, что в озере Глубокое наблюдается превышение ПДК по показателям вкуса и запаха на один бал в пробах, отобранных 16 июля, в то время как в озере Круглое наблюдается превышение по ПДК во все дни отбора, за исключением показателя вкуса в пробе, отобранной 17 июня. Также наблюдается значительное превышение содержания взвешенных частиц в обоих озерах во все даты отбора.

Помимо изучения органолептических свойств воды было проведено исследование химического состава вод озер. Согласно результатам, представленным в таблице 2, имеется значительное превышение жесткости воды (в среднем на 56% в озере Глубокое, и на 56% в озере Круглое), также значительно превышено содержание кальция и магния (в среднем на 31% магния и 25% кальция в озере Глубокое, и на 29% магния и 22% кальция в озере Круглом) и содержание железа (в среднем на 64% в Глубоком, и на 57% в Круглом). Кроме этого, существует небольшое превышение по показателям потребления кислорода (в среднем на 17% в озере Глубокое, и на 12% в озере Круглое), содержанию сульфатов (в среднем на 10% в озере Глубокое, и на 8% в озере Круглое) и окисляемости воды (в среднем на 3% в озере Глубокое, и на 5% в озере Круглое).

Из всего высказанного можно сделать следующие выводы. Высокое значение показателя жесткости связано с повышением содержания кальция и магния [2], что, возможно, может быть связано с нахождением озер рядом с сельскохозяйственными угодьями и попаданием в воды различных химических веществ, применяемых в сельском хозяйстве.

Превышение по показателю «железо общее» наблюдается предположительно из-за деятельности местного населения и бытовых отходов, попадающих в воду.

Превышение норматива по показателю «БПК» свидетельствует о большом количестве органических соединений в воде озер [2].

Высокое содержание сульфатов (выше ПДК) может быть связано с обильным испарением вод под влиянием высоких температур воздуха и предположительным поступлением сточных вод, загрязненных химическими веществами, используемых в быту и сельском хозяйстве.

Из всего вышесказанного можно сделать следующее заключение: расположение озер около населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий непосредственно влияет на характер их загрязнения. Загрязнение озер Глубокое и Круглое происходит в основном от применения пестицидов и удобрений в сельском хозяйстве, а также в результате бытовой деятельности местного населения. В поверхностные воды попадают: взвешенные частицы, нитраты, тяжелые металлы. Содержание данных групп поллютантов оказывает влияние на состояние вод озер Глубокое и Круглое. Из этого следует, что существует антропогенная нагрузка на водоемы, влияние которой отражается на содержании в воде химических элементов.

Библиографический список

1. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (Зарегистрирован 29.01.2021 № 62296). Официальный интернет-портал правовой информации [Электронный ресурс]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022> (дата обращения: 01.04.2022).
2. Негрובה Е. А., Алаева Л. А., Белик А. В. Аналитический контроль окружающей среды. Часть I. Вода. В. : Издательский дом ВГУ, 2020. 102 с.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА НЕКОТОРЫХ РЕК МАНТУРОВСКОГО УЧАСТКА ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» им. М. Г. СИНИЦЫНА»

М. С. Ночвина¹, Т. Л. Соколова¹, Л. В. Мурадова^{1, 2}

¹ *ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет»,
kotovams96@yandex.ru*

² *ФГБУ «Государственный природный заповедник «Кологривский лес»
им. М. Г. Сеницына», mlv44@mail.ru*

В статье приведены сведения о видовом и количественном составе сообществ макрозообентоса малых рек на Мантуровском участке Кологривского заповедника, а также представлена экологическая оценка водной среды по показателям сообществ макрозообентоса.

Ключевые слова: макрозообентос, биоразнообразие, численность, биомасса, биоиндикационные индексы, сапробность.

Донные беспозвоночные организмы играют значительную роль в водных экосистемах, так как участвуют в процессах биологического самоочищения водоемов. Представители макрозообентоса являются удобными объектами для изучения качества воды, они отличаются малоподвижностью, относительно длительной продолжительностью жизни и повышенной чувствительностью к загрязнениям среды.

Целью работы является качественная и количественная характеристика сообществ макрозообентоса малых рек Кастовка и Иваньчиха, оценка экологического состояния исследованных рек.

Материалом исследования послужили пробы макрозообентоса, собранные в 2021 г. в реках Кастовка и Иваньчиха на территории Мантуровского участка «Государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына», который располагается в северо-восточной части Русской равнины. Вся территория участка относится к бассейну р. Кастовка

(Кастово) – левого притока р. Унжи. Река Кастовка имеет длину 39 км, в пределах заповедника – 19,5 км, средняя ширина – 7 м. Река Иваньчиха, длина которой составляет 25 км, а средняя ширина – 4,5 м, является наиболее крупным правым притоком р. Кастовки [2]. Исследованные реки также, как и многие малые реки Кологривского участка заповедника испытывают влияние деятельности бобра [3]. Пробы бентоса отбирались при помощи бентосного скребка и разбирались в почвенных ситах в лаборатории [1], организмы фиксировались 4-х% формалином. Для характеристики сообществ макрозообентоса изучены такие показатели, как видовой состав, доминирующие виды, из количественных показателей – численность (экз/м²) и биомасса (г/м²). Для оценки состояния водотоков использованы индексы Вудивисса, Майера, Пантле-Букка.

В составе сообществ макрозообентоса исследованных рек обнаружено 25 видов беспозвоночных, относящихся к 4 классам: Insecta, Bivalvia, Gastropoda, Clitellata. Видовой состав макрозообентоса исследованных рек представлен в таблице 1. Класс Насекомые является доминирующим по количеству видов и составляет 64% от числа всех обнаруженных бентосных организмов. Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличаются отряды Odonata (37,5% от числа всех выявленных насекомых) и Trichoptera (25%). Субдоминантная группа представлена брюхоногими моллюсками, которые составили 23% от общего числа выявленных донных организмов. Остальные таксономические группы представлены незначительным числом видов: двустворчатые моллюски – 8%, поясковые черви – 4%. Наиболее распространенными, выявленными практически во всех точках отбора, являются виды: *Ephemera vulgata*, предпочитающие илиловатое дно водоемов с замедленным течением, *Pisidium amnicum*, которые держатся преимущественно в прибрежной части водоемов, *Chironomus plumosus* также встречается в водоемах с илистым дном и с медленным течением. Среди моллюсков наибольшее видовое разнообразие характерно для гастропод. За период исследования выявлено 6 видов брюхоногих моллюсков.

Таблица 1

**Видовое разнообразие макрозообентоса некоторых рек
Мантуровского участка Кологривского заповедника**

Таксон	Точки отбора проб								
	р. Кастовка				р. Иваньчиха				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Класс Insecta:									
Отряд Diptera:		+		+	+		+		
Род <i>Tabanus</i>									
Вид <i>Chironomus plumosus</i> (Fabr1787)	+		+	+	+	+			+
Отряд Megaloptera:				+	+				+
Род <i>Sialis sordida</i> (Klingstedt, 1932)									
Отряд Plecoptera									+
Отряд Trichoptera:				+	+			+	
Вид <i>Anabolia soror</i> (MacLachlan)									

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вид <i>Molana angustata</i> (Curtis, 1834)									+
Вид <i>Limnephilus vittatus</i> (Fabricius)					+				
Род <i>Haleus</i> (Curtis, 1834)								+	
Отряд Ephemeroptera:	+	+		+	+	+	+	+	+
Вид <i>Ephemera vulgata</i> (Linne, 1758)									
Вид <i>Potamanthus luteus</i> (Linne, 1767)			+	+					
Отряд Odonata:				+					
Вид <i>Lubellula quadrimaculata</i> (Linne, 1767)									
Вид <i>Enallagma cyathigenum</i> (Charp, 1840)									+
Вид <i>Somatochlora metallica</i> (Linden 1825)	+			+					
Вид <i>Platycnemis pennipes</i> (Pall.)				+					+
Вид <i>Ophiogomphus serpentinus</i> (Charp)	+			+					
Вид <i>Gomphus vulgatissimus</i> (Leach, 1815)		+							
Класс Clitellata									
Подкласс Oligochaeta	+		+	+	+	+			
Класс Bivalvia									
Вид <i>Pisidium amnicum</i> (Müller 1774)		+		+	+	+		+	+
Род <i>Sphaerium</i>				+	+		+		
Класс Gastropoda									
Вид <i>Limnaea glutinosa</i> (Müller, 1774)	+	+	+				+		+
Вид <i>Valvata cristata</i> (Linne, 1758)	+								
Вид <i>Segmentina nitida</i> (Müller, 1774)	+								
Вид <i>Lymanea ovata</i> (Draparnaud, 1805)		+							+
Род <i>Bithynia</i>				+					
Род <i>Anisus</i>							+		
Всего обнаруженных видов: 25	19 видов				16 видов				

Примечание: «+» – вид обнаружен; т. 7, 8, 9 – бобровые пруды на р. Иваньчиха.

Класс Insecta является наиболее встречаемым классом и по количественным показателям. Доминирующими по численности являются такие бентосные формы как вид *Chironomus plumosus* – 337,5 экз/м², род *Sialis sordida* – 100 экз/м², вид *Ephemera vulgata* – 100 экз/м², вид *Pisidium amnicum* – 100 экз/м², вид *Lymanea ovata* – 100 экз/м². Наименьшая численность была у представителей отряда Plecoptera, относящихся к классу Insecta, и представителей рода *Anisus* относящихся к классу Gastropoda (рис.).

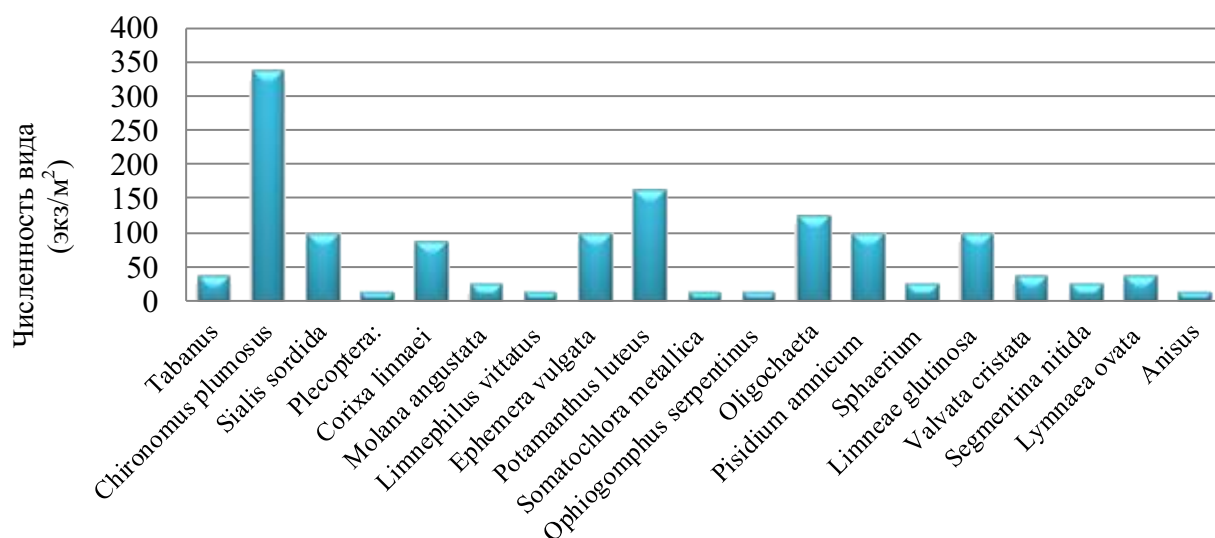


Рис. Показатели численности макрозообентоса (экз/м²)

За период исследования в р. Кастовке выявлено 19 видов бентосных форм, в р. Иваньчихе – 16 видов. В точках отбора, где наблюдается активная деятельность бобра (р. Иваньчиха) обнаружено 15 видов макрозообентоса, среди которых по численности доминирующим видом является *Chironomus plumosus* – 104,17 экз/м². Субдоминантная группа макрозообентоса в р. Иваньчиха представлена видами *Ephemera vulgata* и *Limnaea glutinosa* показатели численности которых составили 37,5 экз/м² и 25 экз/м² соответственно. Средние показатели численности сообществ макрозообентоса р. Кастовке составили 262,5 экз/м², биомассы – 9,6 г/м², по р. Иваньчихе – 295 экз/м², и 15,9 г/м² соответственно.

В трофической структуре сообществ макрозообентоса выявлены представители таких экологических групп как активные хищники, которые составили 32% от общего числа обнаруженных бентосных организмов, соскреба-тели – 27%, собиратели-детритофаги – 27%, собиратели-фильтраторы – 9% и грунтозаглатыватели – 5%.

Для оценки экологического состояния исследованных рек использованы биотический индекс Вудивисса, индекс Майера, индекс сапробности по Пантле-Букку (табл. 2).

Таблица 2

**Экологическая характеристика водных экосистем
Мантуровского участка заповедника**

Точки исследования	Индекс Вудивисса	Индекс Майера	Индекс Пантле-Букка
1	2	3	4
т. 1, р. Кастовка	3 класс качества (незначительное загрязнение)	3 класс (умеренное загрязнение водоема)	4 класс, альфа-мезосапробная зона (вода «загрязненная»)
т. 5, р. Кастовка	3 класс качества (незначительное загрязнение)	3 класс (умеренное загрязнение водоема)	3 класс, бета-мезосапробная («слабо (умеренно) загрязненная»)

1	2	3	4
т. 1, р. Иваньчиха	3 класс качества (незначительное загрязнение)	3 класс (умеренное загрязнение водоема)	3 класс, бета-мезосапробная («слабо (умеренно) загрязненная»)
т. 7, р. Иваньчиха плотина	3 класс качества (незначительное загрязнение)	4 – 7 класс (водоем грязный)	3 класс, бета-мезосапробная («слабо (умеренно) загрязненная»)
т. 6, р. Иваньчиха	3 класс качества (незначительное загрязнение)	3 класс (умеренное загрязнение водоема)	3 класс, бета-мезосапробная («слабо (умеренно) загрязненная»)

Исследованные участки относятся к мезосапробной зоне загрязнения, которая подразделяется на α - и β -мезосапробные подзоны, что относится к III–IV классу качества вод и характеризует реки как «умеренно загрязненные» и «загрязненные». По индексу Майера проба воды, взятая в бобровом пруду, относится к 4–7 классу качества – «водоем грязный».

В результате исследования выявлено 25 видов беспозвоночных, относящихся к 4 классам. В составе зообентоса преобладают представители класса Насекомые, что характерно для пресных водоемов. Субдоминантная группа представлена брюхоногими моллюсками. Наибольшее видовое разнообразие бентосных организмов выявлено в р. Кастовке, однако средние показатели численности больше в р. Иваньчихе. Видовой состав и количественные показатели сообществ макрозообентоса в реках различны, что обусловлено гидрологическим режимом, особенностями кормовой базы для макрозообентоса и действием зоогенного фактора. По результатам исследования установлено, что численность насекомых в структуре сообществ макрозообентоса меньше в реке Иваньчихе, где средние показатели численности данной группы составили 93,33 экз/м². Тогда как средние показатели численности насекомых в реке Кастовке составили 185 экз/м². Оценка экологического состояния рек по индексам Вудивисса, Майера, Пантле-Букка характеризует реки как умеренно-загрязненные (незначительное загрязнение), деятельность бобров снижает качество воды.

Библиографический список

1. Биоиндикация водных экосистем: учеб-метод. пособие / сост. М. В. Сиротина, Л. В. Мурадова, И. Г. Криницын, Г. А. Семенова. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2018. С. 68–87.
2. Гидролого-морфологическая характеристика постоянных водотоков заповедника «Кологривский лес» / Н. Н. Дубенок, П. В. Чернявин, А. В. Лебедев, А. В. Гемонов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2017. № 3 (35). С. 58–72.
3. Состав таксономических и экологических групп гидроценозов в условиях зоогенной трансформации / М. В. Сиротина, Т. Л. Соколова, Л. В. Мурадова, М. С. Котова, А. Л. Сиротин // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. с междунар. участием конф. Книга 1. Киров : ВятГУ, 2021. С. 123–127.

СОСТАВ И СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА В АКВАТОРИИ САРАЛИНСКОГО УЧАСТКА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Л. Г. Гречухина, О. С. Любина

*Татарский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТатарстанНИРО»),
rezedageorgii@mail.ru, olyubina@mail.ru*

Проведены исследования акватории Волжско-Камского плеса Куйбышевского водохранилища на территории Саралинского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. Флористический состав водорослей насчитывает 188 видов и внутривидовых таксонов, альгофлора характеризуется как диатомово-зелено-синезеленая. Пик численности и биомассы в исследуемом участке зафиксирован в летний период.

Ключевые слова: фитопланктон, Куйбышевское водохранилище, Саралинский участок, численность, биомасса.

Саралинский участок Волжско-Камского заповедника включает 1141 га акватории и расположен в нижней части Волжско-Камского плеса Куйбышевского водохранилища [1]. Он удален от крупных населенных пунктов и может рассматриваться как контрольный, то есть чистый. Определенный интерес представляет экологическое состояние вод данного участка, поскольку нельзя полностью исключить влияние на него стоков вышележащих населенных пунктов. Сообщества фитопланктона быстро реагируют на изменение качества среды, особенно на увеличение биогенов и могут быть индикаторами этих условий. Представляет определенный интерес структура и количественные показатели водорослевых сообществ на заповедной акватории и их сезонные изменения. Поэтому исследование показателей его развития актуально для оценки биологической продуктивности водоема.

Цель настоящей работы – оценить таксономический состав и структуру фитопланктона на исследуемом участке за вегетационный период 2021 г.

Пробы фитопланктона отбирались весной, летом и осенью в 2021 г. на 2 станциях (ст.): ст. 1 – Большая протока, протекающей на территории заповедника (N 55°16'21" E 49°18'10"), и ст. 2 – у левого берега Куйбышевского водохранилища в районе заповедника (N 55°16'06" E 49°15'60"). Пробы отбирали интегрально со всей толщи воды с помощью батометра Рутнера, объемом 0,5 л и фиксировали раствором Люголя. Камеральную обработку проб осуществляли по общепринятым методикам [2, 3]. Фитопланктон концентрировали методом прямой фильтрации через мембранный фильтр диаметром пор 5 и 1,2 мкм под слабым давлением. Количественную обработку проб осуществляли с использованием счетной камеры «Горяева» объемом

0,0009 мл, в одно-трех повторностях с пересчетом содержания водорослей на 1 л воды. Биомассу определяли счетно-объемным методом [4].

За вегетационный период 2021 г. в районе исследования было обнаружено 188 таксонов рангом ниже рода из 8 отделов. В целом по таксономическому разнообразию преобладали диатомовые (35%), зеленые (31%) и сине-зеленые водоросли (12%). КRYPTOФИТОВЫЕ занимали 7% состава, золотистые и эвгленовые – по 6%, остальные группы – менее 2%. Доля в разнообразии остальных таксономических групп не превышала 5%. Повсеместно в исследуемом районе встречались диатомовые *Cyclotella* sp., *Aulacoseira* sp. и криптофитовые *Komma caudata* (L.Geitler) DRAHill 1991.

Общее таксономическое разнообразие альгофлоры в весенний период было наивысшим (112 наименований 8 таксономических групп), а осенью – минимальным (65 таксонов 7 групп). Весной и осенью преобладали диатомовые (46% весной и 48% осенью), доля зеленых в эти периоды составляла 21 и 26% соответственно весной и осенью, а синезеленых – 7 и 3% соответственно. Летом по количеству таксонов доминировали зеленые водоросли (42%) при сильном увеличении разнообразия синезеленых до 20% и снижении роли диатомовых до 24%.

На станции 1, расположенной в большой протоке, за период наблюдений было обнаружено 144 таксона из 8 отделов, а на станции 2 – 127 таксонов из 8 отделов. Соотношение таксонов на двух исследованных участках в целом было сходным и характеризовалось преобладанием диатомовых, зеленых и синезеленых водорослей, но в затишном участке (ст. 1) больше было зеленых и меньше диатомовых.

Среднее удельное видовое богатство фитопланктона в районе исследования за период наблюдений составило 64 ± 9 видов/станции и варьировало от 28 до 85 видов/ст. Этот показатель был максимальным весной на ст. 1, а минимальным – осенью на ст. 2. Весной и осенью удельное видовое богатство было выше на ст. 1, а летом – на ст. 2.

Средняя численность фитопланктона в районе исследования была очень высокой 12792 ± 8156 млн. кл./м³ и изменялась от 2293 (осенью на ст. 1) до 53000 млн. кл./м³ (летом на этой же станции). Структура численности сильно варьировала в различные сезоны (рис. 1). Весной на обеих станциях преобладали диатомовые (53-49 % на ст. 1 и 2), зеленые (25 и 16% соответственно) и криптофитовые (13 и 30% соответственно). Доля синезеленых в этот период была минимальной (3 и 1% соответственно). Доминирующими таксонами выступали на ст. 1 криптофитовые *K. caudata* (19%), а на станции 2 – диатомовые *Stephanodiscus* sp. (18%). Летом при значительном увеличении численности, особенно на ст. 1 доминировали синезеленые (49 и 38% соответственно). Значение диатомовых в этот период составляло (23 и 33% соответственно), а зеленых (21–15%). Доминирующими видами на ст. 1 выступали *Limnithrix planctonica* (Woloszynska) Meffert 1988 (11%), а на ст. 2 – *Aphanizomenon flosaquae* Ralfs ex Bornet & Flahault 1886 (20%). Осенью преобладали крипто-

фитовые (54 и 84%). Доминирующим видом выступали криптофитовые *K. caudata* (81 и 45% соответственно).

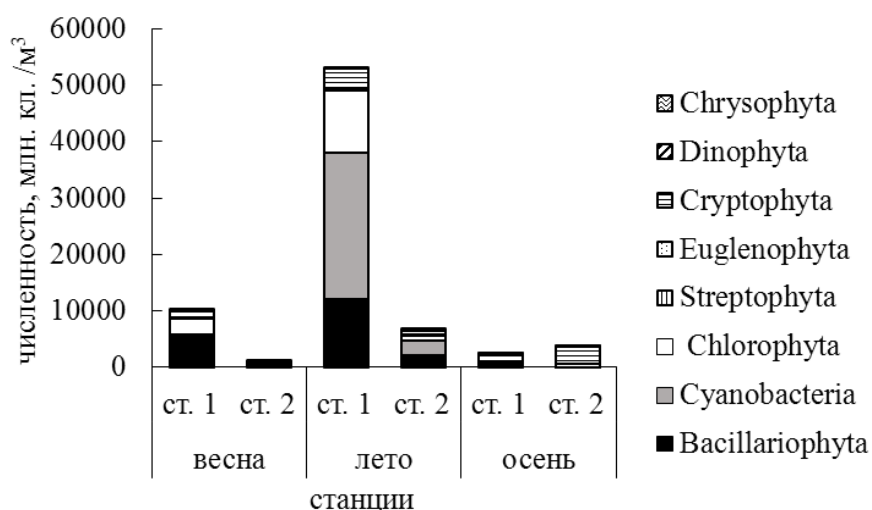


Рис. 1. Распределение и структура численности фитопланктона в районе исследования

Средняя биомасса фитопланктона в районе исследования составила $15,28 \pm 8,98$ г/м³ и колебалась от 0,72 г/м³ (осенью на ст. 2) до 57,34 г/м³ (летом на ст. 1) (рис. 2). Весной на обеих станциях преобладали диатомовые (82–81% соответственно). В качестве доминантов выступали центрические диатомовые *Stephanodiscus hantzschii* Grunow 1880 (33 и 23% соответственно). Летом на станции в протоке (ст. 1) доминировали синезеленые (60%) и динофитовые (21%), а у левого берега водохранилища (ст. 2) – диатомовые (71%) и синезеленые (26%). В это время доминантными видами выступали на ст. 1 крупные динофитовые *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 (21%), а на ст. 2 – центрические диатомовые *Melosira varians* C. Agardh 1827 (43%). Осенью биомасса снизилась до 0,76–0,72 г/м³ с преобладанием в составе диатомовых (57 и 42% соответственно на станциях 1 и 2) и криптофитовых водорослей (32 и 56% соответственно). В этот период доминантами выступали диатомовые *Cyclotella* sp. (20%) (ст. 1) и криптофитовые *K. caudata* (50%).

Таким образом в районе исследования отмечено высокое разнообразие фитопланктона с преобладанием в составе диатомовых и зеленых микроводорослей. Пик видового разнообразия в районе исследования выявлен весной. Наивысший уровень количественного развития (биомассы и численности) приурочен к летнему периоду с преобладанием в составе в затишном участке синезеленых, а на открытом участке водохранилища – диатомовых водорослей. Минимальное развитие фитопланктона приходится на осень, где по биомассе преобладают диатомовые, а по численности – криптофитовые водоросли.

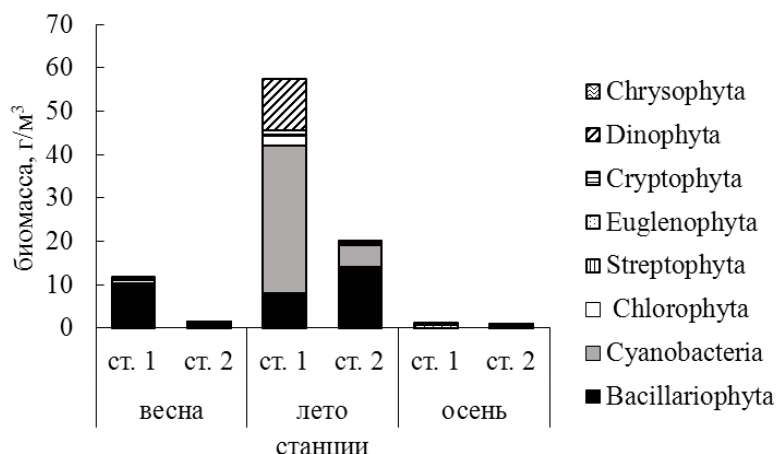


Рис. 2. Распределение и структура биомассы фитопланктона в районе исследования

Проведенные исследования показали значительные различия в таксономическом составе и количественных характеристиках фитопланктона двух станций в районе исследования между собой. Станция, расположенная в затихшем участке в протоке, характеризуется большим количеством таксонов, более высокой биомассой и численностью практически во все сезоны. Биомасса и структурное разнообразие на станции, расположенной в затихшем участке («протока») (ст. 1) были выше, чем на станции 2 (открытое мелководье) во все сезоны, кроме осени.

Полученные результаты согласуются с общей картиной развития фитопланктона в других районах Куйбышевском водохранилища.

Библиографический список

1. Гидрохимический режим Куйбышевского водохранилища в пределах акватории Саралинского участка Волжско-Камского заповедника / Е. Н. Унковская, М. А. Унковская, Д. В. Иванов, Н. В. Шурмина // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 6 : материалы междунар. конф., приуроченной к 35-летию Института экологии Волжского бассейна РАН и 65-летию Куйбышевской биостанции. Тольятти : ООО «Анна», 2018. С. 301–303.
2. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / под ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовской. М. : Наука, 1975. 240 с.
3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция / под ред. Ю. А. Барулин. Л., 1981. 33 с.
4. Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М. : Моск. ун-т, 1979. 168 с.

РАКООБРАЗНЫЕ ПРУДА ПАРКА ПОБЕДЫ г. НОВОКУЙБЫШЕВСКА (РОССИЯ)

Ю. Л. Герасимов

Самарский университет, yuger55@list.ru

В 3-м пруду парка Победы г. Новокуйбышевска обнаружено 19 видов ракообразных из 8-ми семейств, численность от 1 до 120 экз/л. По числу видов и доминирует сем. Cyclopoidea, по численности – сем. Bosminidae. Виды-индикаторы соответствуют средней степени загрязнения водоема.

Ключевые слова: ракообразные, городской пруд, видовой состав, численность.

Непроточные водоемы, природные или искусственные, часто включаются в рекреационные зоны городов. Их санитарное состояние очень важно, оно должно контролироваться и поддерживаться в удовлетворительном состоянии. Большую роль в этом играют процессы биологического самоочищения, зависящие от видового состава экосистемы водоема. Ракообразные – многочисленная и разнообразная группа беспозвоночных, вносящая существенный вклад в самоочищение.

В г. Новокуйбышевске (Самарская область) большой популярностью среди населения пользуется парк Победы. На краю парка находится каскад из 3-х прудов. На берегах этих прудов со стороны парка был отсыпан песок и оборудованы пляжи с соответствующей инфраструктурой. С 1990-х годов уход и контроль за прудами ослабли, скамейки, навесы, кабинки для переодевания, урны для мусора частично разрушены. Пруды обмелели, их берега и мелководья загрязнены, вода начала пахнуть продуктами разложения. Из-за ухудшения санитарного состояния прудов купание было запрещено.

Цель нашей работы – изучение ракообразных 3-го пруда парка Победы г. Новокуйбышевска. Задачи – выявление видового состава, изучение численности популяций ракообразных и ее сезонной динамики, функциональной структуры, а также оценка состояния водоема по характеристикам сообщества ракообразных. Ранее ракообразные этого пруда не изучались.

3-й пруд находится на восточной границе парка Победы, на его берегу со стороны парка – пляж, на противоположном берегу одноэтажные дома, между домами и берегом грунтовый проезд. Северный и южный берега – насыпные земляные дамбы. По своей форме пруд близок к квадрату, его площадь весной после таяния снега до 0,6 га, глубина до 1 м. Питание атмосферными осадками и грунтовыми водами. Три берега высокие и довольно крутые, покрыты высокой травой, местами кустарником, Берег с песчаным пляжем пологий. Летом мелководья с трех сторон пруда (кроме пляжа) густо зарастают водо-воздушными, а центральная часть пруда – погруженными макрофитами (преобладают рогоз узколистый, рдест пронзеннолистный и

элодея канадская). Уровень воды с весны до осени понижается на 0,4–0,6 м и мелководья (до 30% акватории) обсыхают. Вода мутная, прозрачность воды по диску Секки 0,45–0,65 м. Берега суглинистые, дно покрыто слоем ила. На берегах много бытового мусора (пластик), остатков пищи, на мелководьях в иле также мусор, в т. ч. автомобильные резиновые покрышки. Берега периодически очищаются сотрудниками парка, к уборке привлекаются учащиеся соседней школы. Однако загрязнения быстро накапливаются, поскольку на берегах и пляже постоянно происходит неорганизованный отдых населения, производится выгул собак (запрещенный в центральной части парка). На крутых берегах часто присутствуют рыболовы с удочками, некоторые жители ловят рыбу с резиновых лодок. В 2019 г. администрация парка пыталась очистить и благоустроить пруд, но запланированные работы до конца не выполнены.

Пробы отбирали по общепринятым методикам [1] еженедельно в апреле – сентябре 2018 г. планктонной сетью (газ № 64) и 2-литровым батометром. Рассчитывали численность (экз./л), долю размножающихся особей, соотношение хищных видов и видов фильтраторов, индекс видового разнообразия Шеннона. Использовался пакет прикладных программ Microsoft Excel.

В 2018 г. в пруду обнаружено 19 видов ракообразных относящихся к 19-ти родам и 8-ми семействам, список приводится ниже.

Сем. Cyclopoidae:

Acanthocyclops bicuspidatus Claus, 1857;

Cyclops strenuus (Fisher, 1851);

Eucyclops serrulatus (Fisher, 1851);

Mesocyclops leuckarti (Claus 1857);

Thermocyclops oithonoides Sars, 1863.

Сем. Eudiaptomidae:

Eudiaptomus graciloides (Lilljeborg, 1888)

Сем. Ameridae: *Ameridae* sp.

Сем. Bosminidae: *Bosmina longirostris* (O.F.Muller, 1785).

Сем. Chydoridae:

Chydorus sphaericus (O.F.Muller, 1785);

Graptoleberis testudinaria (Fisher 1848);

Pleuroxus trigonellus (O.F.Muller, 1785).

Сем. Daphniidae:

Ceriodaphnia quadrangula (O.F.Muller, 1785);

Daphnia pulex (DeGeer, 1778);

Scapholeberis mucronata (O.F.Muller, 1785);

Simocephalus vetulus (O.F.Muller, 1776).

Сем. Moinidae: *Moina macrocopa* Straus, 1820.

Сем. Sididae:

Diaphanosoma brachyurum (Lievin, 1848);

Sida cristallina cristallina (O.F.Muller, 1776)

Сем. Cypridae: *Cypridae* sp.

Чаще других в пробах присутствовали науплии (100% проб) и копеподиты веслоногих (83% проб), а также *Mesocyclops leuckarti* (80% проб). В 50–60% проб – *Eucyclops serrulatus*, *Eudiaptomus graciloides*, *Bosmina longirostris* и *Chydorus sphaericus*. *Acanthocyclops bicuspidatus*, *Ameridae* sp., *Graptoleberis testudinaria* и *Sida cristallina* обнаружены в 1 - 4 пробах за сезон. У остальных 10-ти видов частота встречаемости от 20 до 45% проб. Число видов в одной пробе от 6 до 15.

Все виды ракообразных в 3-м пруду Парка Победы обычны как для прудов г. Самары, так и для природных водоемов области [2, 3], реже других встречаются *Acanthocyclops bicuspidatus* и *Pleuroxus trigonellus*. По способу питания среди ракообразных преобладают фильтраторы, к хищникам можно отнести 5 видов циклопов (до 16% численности всех ракообразных).

Численность ракообразных в 3-м пруду парка Победы невелика. Наибольшей численности достигла популяция *Bosmina longirostris* (более 100 экз./л в мае). Субдоминант - *Pleuroxus trigonellus* (более 80 экз./л в июле). У 15-ти видов ракообразных численность весь сезон была менее 1 экз./л. По ходу сезона 62% численности ракообразных приходится на май, 20% – на июль.

Вклад семейств ракообразных в общую численность сильно различался (табл.)

Таблица

Доли (%) семейств ракообразных по численности в 3-м пруду парка Победы г. Новокуйбышевска

Семейство	Доля (%)	Семейство	Доля (%)
Bosminidae	48,77	Daphniidae	1,11
Chydoridae	26,13	Cypridae	0,55
Cyclopoidae	18,52	Sididae	0,50
Eudiaptomidae	2,31	Ameridae	0,09
Moinidae	2,02		

Величина индекса видового разнообразия Шеннона от 1,31 до 2,84.

37% обитающих в 3-м пруду парка Победы видов ракообразных являются индикаторами загрязненных вод, 53% – индикаторы умеренно загрязненных вод. Это говорит об органическом загрязнении водоема вызванном, по нашему мнению, стоком с окружающей территории города. Определенный вклад вносит отдых населения на берегах и выгул собак. В целом, пруд можно отнести к β-мезосапробной зоне. Это совпадает с оценкой, сделанной ранее по видам-индикаторам среди коловраток, выявленных в данном пруду [2].

Численность ракообразных в 3-м пруду парка Победы г. Новокуйбышевска значительно меньше, чем в прудах парка Гагарина и парка Metallургов в г. Самаре [3, 4]. По количеству видов и численности популяций ракообразных 3-й пруд парка Победы г. Новокуйбышевска больше похож на самарские пруды, расположенные в жилой застройке, чем на пруды парков и скверов. Возможно, негативное влияние сильного ветрового перемешивания - ветер взмучивает донные отложения на обширных мелководьях,

и взвесь угнетающе действует на зоопланктон, особенно на фильтраторов. Прозрачность большинства парковых прудов г. Самары намного выше.

Другая причина качественной и количественной бедности фауны ракообразных – загрязнение, вызванное антропогенным воздействием. Сам Парк Победы убирается ежедневно, но доступ к прудам со стороны города свободный. Бактериальное загрязнение водоема сильно превышает нормы. Может негативно сказываться и ежегодная обработка покрытого травой пространства вокруг прудов пиретроидными акарицидами.

Судя по небольшому количеству видов ракообразных и их малой численности, экосистема 3-го пруда парка Победы г. Новокуйбышевска находится в неудовлетворительном состоянии. Для оценки самоочищающей способности его экосистемы необходимо провести ее комплексное обследование.

Библиографический список

1. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем // СПб. : Гидрометеиздат, 1992. 246 с.
2. Герасимов Ю. Л. Коловратки пруда г. Новокуйбышевска // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2020. С. 38–42.
3. Герасимов Ю. Л., Дюжаева И. В., Тарасова Н. Г. Первые сведения об элементах планктонного сообщества пруда в парке Металлургов г. Самары // Известия СНИЦ РАН. 2011. Т. 13, № 1. С. 194–198.
4. Герасимов Ю. Л., Тарасова Н. Г. Ракообразные, коловратки и фитопланктон пруда в парке им. Ю. Гагарина г. Самары // Известия ПГПУ. 2011. № 25. С. 516–522.

РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ТЕРРИТОРИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА»

***Т. И. Кутявина, И. А. Вартан, Е. В. Шемякина, В. В. Тумина**
Вятский государственный университет, kutyavinati@gmail.com*

В статье представлены результаты физико-химического анализа проб воды, отобранных из шести водных экосистем, расположенных на территории и в окрестностях государственного природного заказника (ГПЗ) регионального значения «Былина». В воде, отобранной из болота Чистого и в 1,5 км от него (участки 1–3), отмечены низкие значения pH (4,3–5,8) и содержание растворенного кислорода, высокое содержание соединений азота, фосфора и органических веществ. Сложившиеся на данных участках условия неблагоприятны для развития прибрежно-водной растительности. Вода, отобранная на участках, расположенных в 3–4 км севернее ГПЗ «Былина» (участки 4–6), характеризовалась низким содержанием соединений азота, фосфора и органических веществ, более высоким содержанием растворенного в воде кислорода и значением pH. Условия среды на участках 4 и 6 более благоприятны для развития гидробионтов по сравнению с другими участками.

Ключевые слова: мониторинг, гидрохимический анализ, качество воды.

Сведения о ненарушенном состоянии водоемов необходимы для прогнозирования, оптимизации условий и разработки эффективных природоохранных и восстановительных мероприятий на водоемах [1]. В этом отношении изучение водоемов особо охраняемых природных территорий (ООПТ) того же региона позволяет рассмотреть функционирование водных экосистем в естественных условиях [2].

Государственный природный заказник (ГПЗ) регионального значения «Былина» был создан на территории Кировской области в 1994 г. Он расположен на водоразделе Каспийского моря и Северного Ледовитого океана. Основную площадь заказника занимают водно-болотные и лесные экосистемы. Особую природоохранную ценность на территории ГПЗ «Былина» составляют три памятника природы регионального значения: «Кайское болото», «Былинское болото» и «Чистое (Роговское) болото».

Цель работы – оценить качество воды в водных экосистемах ГПЗ «Былина» по результатам гидрохимического анализа.

Объектами исследования были шесть участков водных экосистем, расположенных на территории и в окрестностях ГПЗ «Былина».

Участки 1 и 2 расположены в пределах Чистого (Роговского) болота в северо-западной части ГПЗ «Былина». Данное болото вытянуто в направлении с юго-запада на северо-восток более чем на 4 км, его площадь составляет 633,8 га. Здесь берут свое начало реки Новгородка и Верховская Былина, входящие в бассейны Северной Двины и Волги соответственно. Растительный покров болота представлен преимущественно пушицево-сфагновыми сообществами со значительным участием болотных кустарничков.

Участок 3 находится примерно в 1,5 км от болота Чистое в северо-западном направлении в небольшой локальной осоковой болотной экосистеме с березовым сухостоем. Рядом с участком 3 проходит грунтовая дорога.

Участки 4, 5 и 6 расположены севернее ГПЗ «Былина» в 3–4 км от его границы. Участок 6 представляет собой обводненный заброшенный песчано-гравийный карьер, окруженный сосновым молодняком. Участки 4 и 5 расположены вблизи грунтовой дороги. Это небольшие болота, в растительном покрове которых преобладают осока и рогоз.

Отбор проб воды из водных экосистем проводили в августе 2021 г. Физико-химический анализ проб проводили в аккредитованной экоаналитической лаборатории Вятского государственного университета по аттестованным методикам измерений. В ходе проведения анализа определяли органолептические показатели (запах, цветность, мутность), водородный показатель (рН), удельную электропроводность, содержание биогенных элементов (ионов аммония, нитрит-, нитрат- и фосфат-ионов), органических веществ (по показателям перманганатная окисляемость и химическое потребление кислорода (ХПК)) и растворенного в воде кислорода.

Результаты гидрохимического анализа проанализированных проб воды представлены в таблице.

Таблица

Результаты физико-химического анализа проб воды из водных экосистем, расположенных на территории и в окрестностях ГПЗ «Былина» (данные 2021 г.)

Показатель, единицы измерения	Участок отбора проб					
	1	2	3	4	5	6
Запах, баллы	2	1	0	0	0	0
Цветность, градусы	> 500	> 500	243±10	24,8±3,7	436±16	16±2
Мутность, ЕМФ	61±9	29±4	11,6±2,3	1,11±0,22	30±4	< 1
рН, ед.	4,3±0,2	5,8±0,2	5,5±0,2	7,0±0,2	6,3±0,2	6,5±0,2
Удельная электропроводность, мкСм/см	34,4±3,4	69±7	40±4	283±14	451±23	229±11
Ион аммония, мг/дм ³	6,2±1,3	3,3±0,7	1,01±0,21	0,26±0,09	7,9±1,7	0,72±0,25
Нитрит-ион, мг/дм ³	0,210±0,029	0,056±0,011	0,028±0,006	< 0,02	0,023±0,005	< 0,02
Нитрат-ион, мг/дм ³	2,00±0,36	1,97±0,35	0,58±0,10	0,33±0,06	< 0,1	< 0,1
Фосфат-ион, мг/дм ³	1,01±0,15	0,179±0,027	0,080±0,012	0,054±0,008	1,27±0,19	< 0,05
ХПК, мгО/дм ³	57±11	82±16	58±12	9,1±2,7	63±13	15±4
Перманганатная окисляемость, мгО/дм ³	70±7	50±5	26,4±2,6	3,57±0,36	13,6±1,4	3,57±0,36
Растворенный кислород, мг/дм ³	1,85±0,19	2,58±0,26	3,53±0,11	6,10±0,20	1,98±0,20	2,27±0,23

Согласно полученным результатам, вода, отобранная с участков 3–6, характеризовалась отсутствием запаха. Для воды, отобранной на участках 1 и 2, отмечен слабый и очень слабый запах естественного происхождения (болотный). Для проб воды, отобранных на участках 4 и 6, отмечены низкие значения цветности и мутности воды, средние показатели отмечены для участка 3, максимальные значения цветности и мутности воды – для участков 1, 2 и 5 (табл.). Причинами повышенной мутности воды может быть наличие в ней глины, неорганических соединений (гидроксида алюминия, карбонатов различных металлов), а также органических примесей или живых организмов, например, бактерио-, фито- или зоопланктона. Также причиной может быть окисление соединений железа и марганца кислородом воздуха, что приводит к образованию коллоидов [4]. Вероятно, именно последняя причина оказала влияние на высокое значение мутности воды на участках 1 и 2. Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки и других причин.

По показателю pH наиболее благоприятными условиями для большинства гидробионтов обладают воды участков 4–6. Низкое значение pH (4,3), отмеченное на участке 1, может оказать ингибирующее влияние на развитие прибрежно-водных растений [5].

Величина удельной электропроводности значительно отличалась на участках 1–3 и 4–6. Известно, что удельная электропроводность зависит от минерализации воды, является приблизительной характеристикой концентрации в воде неорганических электролитов (катионов Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и анионов Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) [6]. Согласно этим данным, воды на участках 4–6 более насыщены соединениями Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- по сравнению с водами участков 1–3.

Азот и фосфор являются биогенными элементами, необходимыми для существования и развития живых организмов. Высокое содержание соединений азота и фосфора в воде может стимулировать развитие процессов эвтрофирования. Согласно полученным данным, наиболее подвержены развитию процессов эвтрофирования участки водных экосистем 1–3. Неблагоприятными последствиями эвтрофикации являются «цветение» воды, массовое развитие высших водных растений, нарушение кислородного режима водных объектов, которое может вызывать заморные явления.

Наибольшее количество органических веществ, определенное по показателям ХПК и перманганатная окисляемость, зафиксировано нами на участках 1–3 и 5. На участках 4 и 6 содержание органических веществ было почти на порядок ниже. На содержание органических веществ в болотной воде оказывает влияние произрастающая на болоте растительность и биохимические процессы ее разложения, а также значение pH.

Для пяти из шести исследуемых водных объектов отмечено довольно низкое содержание растворенного в воде кислорода. Известно, что в поверхностных водах массовая концентрация растворенного кислорода подвержена значительным сезонным и суточным колебаниям. В эвтрофированных и сильно загрязненных органическими соединениями водных объектах, а также в конце длительного подледного периода может иметь место значительный дефицит кислорода. Уменьшение массовой концентрации растворенного кислорода до 2 мг/дм^3 вызывает массовую гибель рыб и других гидробионтов [7]. Такое низкое содержание растворенного в воде кислорода (менее 2 мг/дм^3) отмечено нами на участках 1 и 5.

Таким образом, нами проведен химический анализ воды, отобранной из шести водных экосистем на территории и в окрестностях ГПЗ «Былина». Согласно полученным данным, для экосистем, расположенных на территории Чистого болота и в 1,5 км от него (участки 1–3) характерны кислая и слабокислая реакция среды, низкая минерализация и высокое содержание органических веществ. Подобные условия способствуют образованию торфа. Экосистемы, расположенные в 3–4 км севернее ГПЗ «Былина» (участки 4–6), отличаются по гидрохимическому составу от участков 1–3, что объясняется разными условиями формирования экосистем и разными типами растительности.

Для участков 4–6 характерна слабоокислая и нейтральная реакция среды, более высокая по сравнению с участками 1–3 минерализация воды и низкое содержание органических веществ. Вода на участках 4 и 6 по химическому составу более соответствует речным водам, чем болотным. Условия среды на этих участках более благоприятны для развития гидробионтов, чем на других изученных участках.

Работа выполнена при поддержке гранта ВОО «РГО» «Структура, экологическое состояние и эволюция ландшафтов Северных Увалов – главного водораздела северо-востока Русской равнины» (договор № 08/2021-Р).

Библиографический список

1. Прыткова М. Я. Научные основы и методы восстановления озерных экосистем при разных видах антропогенного воздействия. СПб. : Наука, 2002. 148 с.
2. Горохова О. Г. Характеристика трофического состояния малых водоемов Средневожского биосферного резервата по фитопланктону // Вода: химия и экология. 2013. № 11. С. 46–53.
3. Рябов В. М., Ашихмина Т. Я. Фаунистическая характеристика и данные мониторинга позвоночных животных на территории государственного природного заказника «Былина» // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 1. С. 79–84. doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-079-084
4. ГОСТ Р 57164-2016 Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности. М. : Стандартинформ, 2019. 23 с.
5. Зиновьева А. Е., Дурников Д. А. Влияние активной реакции воды (рН) на распределение водных и прибрежно-водных растений в водоемах юга Обь-Иртышского междуречья // Известия АлтГУ. 2012. № 3. С. 21–24.
6. РД 52.24.495-2005. Руководящий документ. Водородный показатель и удельная электрическая проводимость вод. Методика выполнения измерений электрометрическим методом / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Ростов-на-Дону : ГУ «Гидрохимический институт», 2005. 17 с.
7. РД 52.24.419-2019. Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика измерений йодометрическим методом. Ростов-на-Дону : ГУ «Гидрохимический институт», 2020. 28 с.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА КАЧЕСТВО ВОД РЕКИ АНГАРА В ПЕРИОД СНИЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Е. А. Цветкова, В. И. Полетаева

*Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН,
e.tsvetkova@igc.irk.ru*

В статье представлены результаты гидрохимического исследования участка реки Ангара в районе воздействия промышленной зоны г. Усолье-Сибирское. Рассмотрен микроэлементный состав сточных вод промышленной зоны и вод р. Ангара на разной удаленности от источников воздействия. Результаты исследования показали, что сточные воды влияют на гидрохимический режим р. Ангара на всех участках наблюдения.

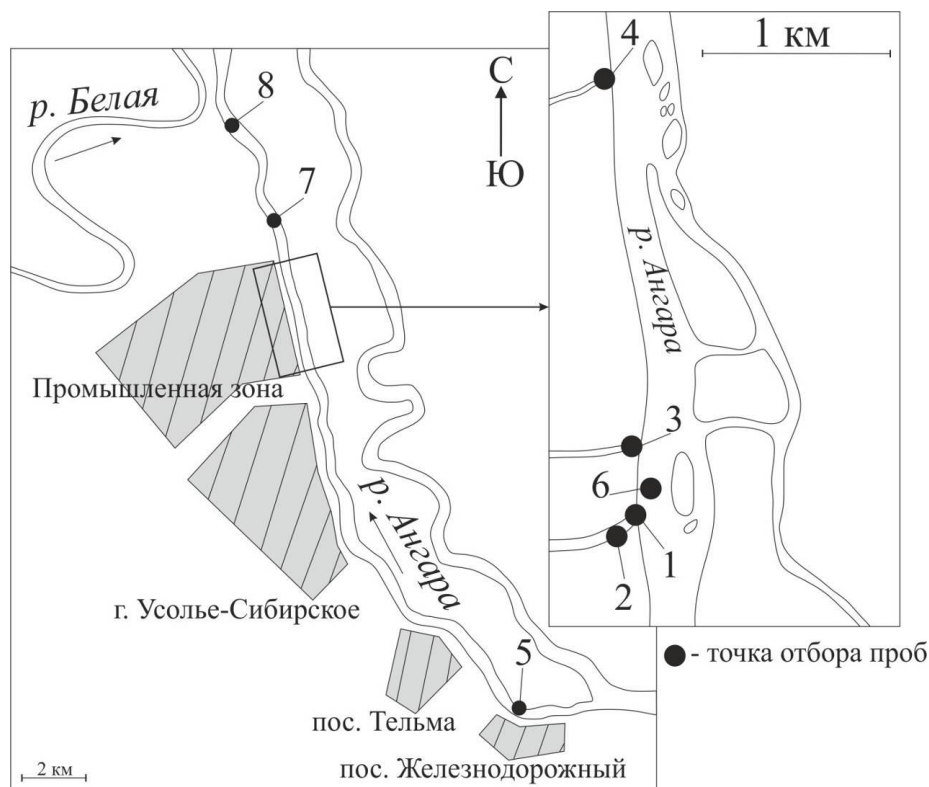
Ключевые слова: река Ангара, сточные воды, качество воды, техногенное воздействие, гидрохимический состав.

Сточные воды являются одним из основных источников загрязнения водных систем. Наибольшую опасность представляют промышленные сточные воды, поскольку их состав характеризуется высокими концентрациями токсичных и потенциально токсичных элементов [1, 2]. Река Ангара – крупнейшая река Восточной Сибири и важнейшая водная артерия Иркутской области. Водные ресурсы реки используются в питьевых, рыбохозяйственных, энергетических и рекреационных целях. В границах водосбора р. Ангара сосредоточено большое количество производств, оказывающих влияние на ее гидрохимический состав. Масштабная промышленная зона расположена в г. Усолье-Сибирское. Ее предприятия специализируются на химической, энергетической и фармацевтической отраслях. Самым крупным предприятием промышленной зоны являлся хлорно-щелочной комбинат «Усольехимпром». Производство химической продукции «Усольехимпром» методом ртутного электролиза привело к крупномасштабному ртутному загрязнению геосистем Иркутской области, в том числе экосистемы р. Ангара [3]. Закрытие комбината «Усольехимпром» в 2012 г. не привело к полному прекращению поступления загрязнителей в водоем. Поступление элементов техногенного происхождения продолжается со сточными водами других предприятий промышленной зоны по существующим водоотводным коммуникациям. В связи с этим, целью настоящего исследования стала оценка качества вод р. Ангара в районе воздействия промышленной зоны в условиях снижения техногенной нагрузки.

В настоящее время сточные воды промышленной зоны поступают в р. Ангара по коллекторным выпускам 1 (В1) и 2 (В2) (рис. 1). В связи с закрытием «Усольехимпром» объем сточных вод В1 заметно уменьшился. Поступление сточных вод через В2 после закрытия «Усольехимпром» прекратилось, однако в ходе демонтажных работ цеха ртутного электролиза сток возобновился. Помимо коллекторных выпусков, поступление сточных вод происходит по дренажной канаве шламохранилища жидких отходов комбината (ДК), наполняемость которой обеспечивается поверхностным стоком с прилегающей территории. Также сточные воды поступают по канаве системы гидрозолаудаления ТЭЦ-11 (ГЗУ). В настоящее время, ее локация приурочена к комплексу заброшенных очистных сооружений «Усольехимпром».

Для изучения качества вод р. Ангара отобраны пробы сточных вод В1, В2, ДК и ГЗУ, а также вод реки на удаленности: 50 м от В1 и ГЗУ; 1,5 и 5 км от всех промышленных сбросов. В качестве фонового участка принят участок р. Ангара, расположенный в 5 км выше промышленной зоны. Химический анализ проб воды проводили в центре коллективного пользования «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН (г. Иркутск, Россия). Микроэлементы в воде проанализированы методом масс-спектрометрии с индуктивной связанной (ICP-MS). В пробах воды проанализировано содержание Li, B,

Al, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Mo, Cd, Sb, Cs, Tl, Pb, U, Ga и Ge. Определение концентраций Hg в воде выполняли с помощью Zeeman атомно-абсорбционной спектрометрии.



Примечание: Точки отбора: сточные воды: 1 – В1, 2 – ГЗУ, 3 – В2, 4 – ДК; р. Ангара: 5 – фоновый участок, 6 – участок на удаленности 50 м от В1 и ГЗУ; 7 – участок на удаленности 1,5 км от всех промышленных выпусков; 8 – участок на удаленности 5 км от всех промышленных выпусков.

Рис. 1. Карта-схема отбора проб

Для оценки качества вод р. Ангара применяли однофакторный индекс загрязнения (CF) и индекс нагрузки загрязнения (PLI), которые широко используются при оценки экологического состояния водной среды [4, 5]. Индексы рассчитаны для участков реки на удаленности 50 м ниже В1 и канавы ГЗУ, 1,5 и 5 км от всех промышленных сбросов. CF используется для учета загрязнения отдельного элемента в каждом образце [6]:

$$CF = \frac{C_i}{C_0},$$

где C_i – тестируемая концентрация элемента, C_0 – концентрация элемента на фоновом участке. CF подразделяется на категории: $CF < 1$ определяет низкое загрязнение, $1 \leq CF \leq 3$ – умеренное загрязнение, $3 \leq CF \leq 6$ – значительное загрязнение, $6 \geq CF$ – очень высокое загрязнение.

PLI используется для расчета суммарного загрязнения каждого образца [7]:

$$PLI = \sqrt[n]{CF_1 \cdot CF_2 \cdot \dots \cdot CF_n},$$

где CF – индекс загрязнения отдельного элемента. PLI подразделяется на категории: $PLI < 0$ – незагрязненный, $0 < PLI \leq 1$ – базовые уровни загрязняющих веществ, $1 < PLI \leq 10$ – загрязненный, $10 < PLI \leq 100$ – сильно загрязненный, $PLI > 100$ – прогрессивное ухудшение окружающей среды.

Гидрохимический состав фонового участка р. Ангара во многом обусловлен влиянием озера Байкал. По гидрохимическому составу воды р. Ангара гидрокарбонатные кальциевые, общая минерализация воды составляет 125,4 мг/л.

На гидрохимический режим р. Ангара влияют сточные воды промышленной зоны, гидрохимический состав которых хлоридный натриевый. Общая минерализация сточных вод В1 составляет 4315 мг/л, ГЗУ – 6521 мг/л, В2 – 2130 мг/л, ДК – 7885 мг/л. Определено, что сточные воды В1 характеризуются максимальным содержанием Li, V, As, Cs, Tl, Pb, U и Hg из всех промышленных выпусков. В сточных водах В2 зафиксированы максимальные концентрации B, Al, Cu, Zn и Cd. Сточные воды дренажной канавы содержат максимальные концентрации Mn, Co, Sr, Sb, Ga и Ge; сточные воды канавы ГЗУ – Fe, Ni, As и Mo.

На участке р. Ангара, расположенном в 50 м от В1 и ГЗУ, величина CF для Hg определяет очень высокое загрязнение вод ($CF=10,9$), для Ti и Mn – значительное загрязнение ($CF = 4,8$ и $3,2$, соответственно) (рис. 2). CF классифицирует умеренное загрязнение Li, B, Al, V, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Mo, Cd, Cs, U, Ga и Ge, низкое загрязнение – Cr, Sb, Tl и Pb.

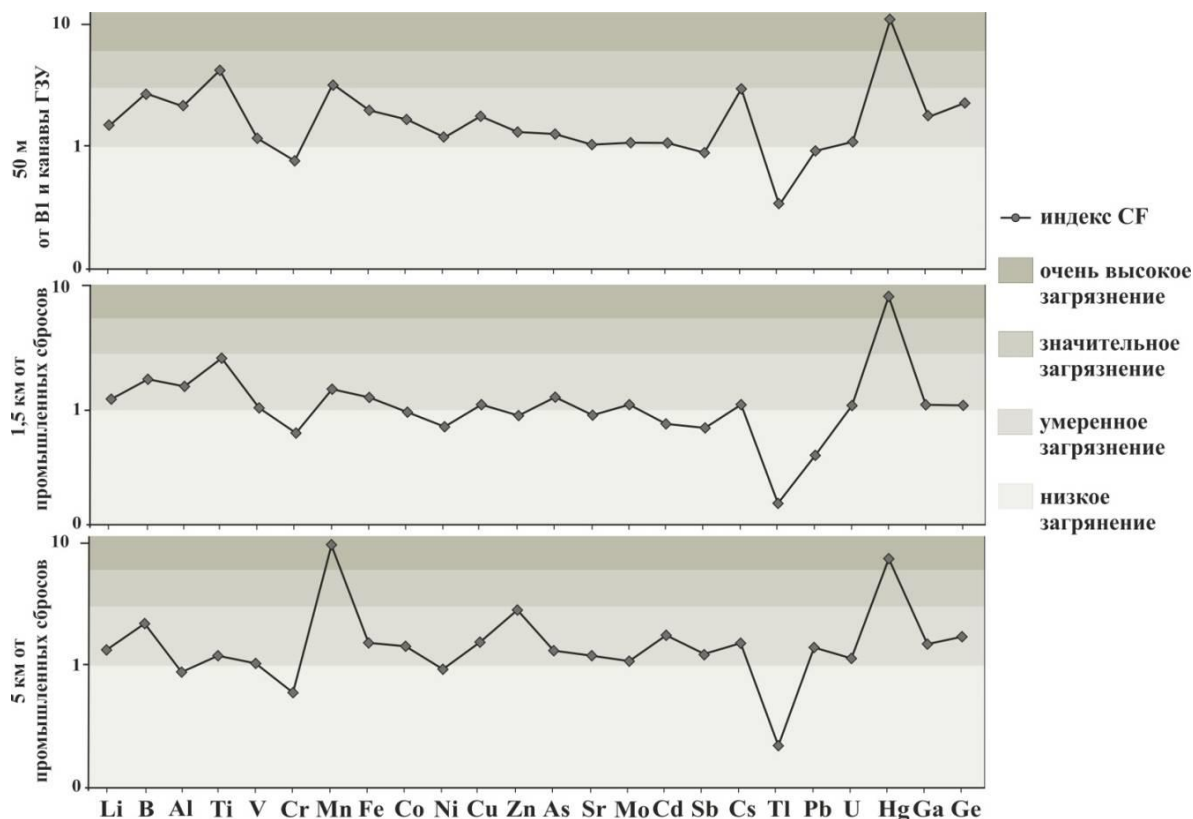


Рис. 2. CF для микроэлементов на участках р. Ангара в районе воздействия сточных вод промышленной зоны г. Усолье-Сибирское

На участке расположенном в 1,5 км от промышленных сбросов, CF для Cr, Co, Ni, Zn, Sr, Cd, Sb, Tl и Pb классифицирует низкое загрязнение, для Li, B, Al, Ti, V, Mn, Fe, Cu, As, Mo, Cs, U, Ga и Ge – умеренное. Очень высокое загрязнение остается для Hg (CF = 9,1). На участке, расположенном в 5 км от промышленных сбросов, CF для Al, Cr, Ni и Tl классифицирует низкое загрязнение, для Li, B, Al, Ti, V, Fe, Co, Cu, Zn, As, Sr, Mo, Cd, Sb, Cs, Pb, U, Ga и Ge – умеренное. CF определяет высокое загрязнение для Mn (CF = 9,5) и Hg (CF = 7,3).

Индекс нагрузки загрязнения (PLI) классифицирует уровень вод р. Ангара как загрязненный на всех участках наблюдения. Для участка, расположенного на удаленности 50 м от В1 и канавы ГЗУ, величина PLI составляет 1,5; для удаленных участков (1,5 и 5 км ниже промышленных сбросов) – 1,1 и 1,4 соответственно.

Полученные результаты показывают, что, не смотря на закрытие крупного предприятия «Усольехимпром» и снижение техногенной нагрузки, поступление широкого круга элементов загрязнителей со сточными водами в водную среду р. Ангара продолжается. Это связано с действующими предприятиями промышленной зоны, а также с эксплуатацией загрязненных водотводных коммуникаций предприятия «Усольехимпром». Наблюдается уменьшение концентраций элементов техногенного происхождения в воде р. Ангара по мере удаления от промышленных сбросов сточных вод. Это обусловлено, в первую очередь, сильным разбавлением сточных вод большим объемом низкоминерализованных вод р. Ангара и выведением токсикантов из водной среды в процессе их сорбции взвешенными веществами. В процессе седиментации загрязненная взвесь поступает в донные отложения – основную депонирующую среду. Техногенные элементы в результате колебаний уровня водоема могут высвобождаться в водную среду из загрязненных донных отложения, создавая риски вторичного загрязнения. На это могут указывать сопоставимые между собой величины индексов PLI на ближайшем и удаленных от сточных вод участках наблюдения.

Библиографический список

1. Mokarram M., Saber A., Sheykhi V. Effects of heavy metal contamination on river water quality due to release of industrial effluents // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 227. No. 123380. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123380
2. Rai P. K., Tripathi B. D. Heavy metals in industrial wastewater, soil and vegetables in Lohta village, India // *Toxicological and Environmental Chemistry*. 2008. Vol. 90. P. 247–257. doi: 10.1080/02772240701458584
3. Pastukhov M. V., Poletaeva V. I., Tirsikh E. N. Long-term dynamics of mercury pollution of the Bratsk reservoir bottom sediments, Baikal region, Russia // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 321. No. 012041. doi: 10.1088/1755-1315/321/1/012041
4. Assessment of metal pollution in surface sediments of coastal Tasaul Lake (Romania) / D. Vasiliu, A. Bucse, N. Lupascu, B. Ispas, C. Gheablau, I. Stanescu // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2020. Vol. 192. No. 12749. doi: 10.1007/s10661-020-08698-0
5. Pollution assessment and sources of dissolved heavy metals in coastal water of a highly urbanized coastal area: The role of groundwater discharge / M. Luo, Y. Zhang, H. Li, W. Hu,

K. Xiao, S. Yu, C. Zheng, X. Wang // Science of the total environment. 2022. Vol. 807. No. 151070. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151070

6. Hakanson L. Ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach // Water Research. 1980. Vol. 14. No. 8. P. 975–1001. doi: 10.1016/0043-1354(80)90143-8

7. Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index / D. L. Tomlinson, J. G. Wilson, C. R. Harris, D. W. Jeffrey // Helgolander meeresuntersuchungen. 1980. Vol. 33. No. 1–4. P. 566–575. doi: 10.1007/BF02414780

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ

Э. М. Сафиуллин, Е. Л. Никитина

Ярославский государственный технический университет

В статье представлена оценка экологического состояния искусственных водоемов, расположенных в жилой застройке города. Определены морфометрические параметры и химические показатели качества воды. Для улучшения качества водного объекта необходимо использование комбинированных систем водоочистки, включающие механические и биологические методы.

Ключевые слова: рекреационная зона, эвтрофикация, минерализация, бихроматная окисляемость

Большое градостроительное значение приобретают природные компоненты архитектурно-планировочной структуры города — зеленые насаждения и водоемы, активно способствующие оздоровлению городской среды [1]. Значительное количество искусственных водоемов Ярославля в настоящее время находится в неблагоприятном состоянии: берега водоемов и акватория завалены бытовым и строительным мусором, дно водоемов заилено, поверхность воды покрыта масляной пленкой, берегозащитные сооружения разрушены, берега эродированы, качество воды в водоемах не соответствует санитарно-гигиеническим нормам, биоразнообразие живых организмов водоема снижено.

Пруды и обводненные карьеры, расположенные в границах земельных участков, принадлежат на праве собственности муниципальному образованию в соответствии со ст. 27 Водного Кодекса РФ, а, следовательно, в полномочия органов местного самоуправления относится осуществление мер по охране таких объектов [2]. Работы по очистке прудов являются неотъемлемой частью благоустройства городской территории, способствуют созданию дополнительных рекреационных зон и улучшению экологической обстановки в городе. В ходе механической очистки водоемов осуществляется уборка мусора с акватории, дна прибрежной части водоема и откосов, выравнивание береговых полос с привлечением спецтехники, выполняется удаление дикорастущей поросли и, производится покос травы.

Парк Нефтяник- зеленая рекреационная часть города. Один из основных объектов парка – это пруд, который находится в неудовлетворительном состоянии: засорен отходами и ливневыми водами с улиц Павлова и Курчатова. Берега водоема низкие, в основном задернованные. Левый берег широко используется населением как зона отдыха. Он очень пологий, а дно в самой мелководной зоне песчаное. На этом берегу имеются специальные посадки берез. В Краснопереконском районе г. Ярославля также имеется объект культурного наследия – загородная усадьба представителя древнего дворянского рода Коковцова Николая Ивановича. Место для усадьбы выбрано очень удачно. Два пруда находятся под углом, и большой парк вокруг делает усадьбу очень живописной. Конфигурация пруда в настоящее время видоизменилась, зеркало пруда разделилось на две части: большую восточную, перед парадным фасадом главного дома и меньшую западную, расположенную к юго-западу от торцевого фасада особняка. От роскошного некогда парка осталось совсем немного, пруды заросли, а в реку Дунайку выбрасывают мусор.

Таким образом, целью работы является оценка экологического состояния прудов Краснопереконского района г. Ярославля. Установлено, что вода прудов характеризуется очень малой минерализацией с содержанием растворенных солей 93 мг/дм³. Минеральный состав определяет водно-солевой обмен гидробионтов, так как соли являются источником биогенных элементов и необходимых веществ для живых организмов и обеспечивают протекание биохимических и физиологических процессов. Низкие значения минерального состава значительно сказываются на снижении численности обитателей водоемов. Основными источниками органических веществ являются соединения, образующиеся в самом водоеме (автохтонные) и поступающие с водосборной площади или атмосферными осадками (аллохтонные). Химический анализ показал, что в воде исследуемых водоемов отмечается повышенное содержание труднорастворимых органических веществ гумусового происхождения, о чем свидетельствуют высокие показатели цветности и бихроматной окисляемости. Обогащение воды органическими веществами в прудах происходит за счет поступления органики с водами заболоченных территорий. Рассчитан ИЗВ для прудов усадьбы, который составил 1,2, что соответствует 3 классу качества – умеренно загрязненные. ИЗВ в пруду Нефтяник соответствует 4 классу загрязненности – загрязненный (рис.).

Необходимым условием, обеспечивающим функционирование водоема, является сочетание механических и биологических методов очистки [3]. В процессе очистки нейтрализуются последствия органического и биогенного загрязнения и эвтрофирования водоема, восстанавливается биологическое равновесие, многократно интенсифицируется микробиологическое самоочищение воды от патогенных и условно патогенных микроорганизмов.



Рис. Общий вид пруда парка «Нефтяник»

Основные методы по восстановлению водных экосистем построены на балансовом принципе поступления веществ. Основной негативный эффект оказывают загрязняющие вещества, находящиеся в свободном доступе непосредственно в водной толще, поэтому многие мероприятия направлены на снижение их концентрации, и как следствие – на оздоровление. Благодаря биологической очистке водоема нейтрализуются последствия органического и биогенного загрязнения и эвтрофирования водоема, восстанавливается биологическое равновесие, вода и донные отложения освобождаются от свободной органики и питательных веществ, влажная масса ила донных отложений сокращается на 40–50%, многократно интенсифицируется микробиологическое самоочищение воды от патогенных и условно патогенных микроорганизмов.

Библиографический список

1. Оценка экологического состояния малых водоемов : учебное пособие / Е. В. Лобуничева, М. Я. Борисов, И. В. Филоненко, Д. А. Филиппов. Вологда, 2013. 218 с.
2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 02.07.2021).
3. Муниципальная программа «Снижение антропогенного воздействия на окружающую среду города Ярославля».

МИКРОПЛАСТИК В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МЕШИНСКОГО ЗАЛИВА

Л. С. Кузьмин, К. А. Шевчук, А. Р. Гайсин, Н. Ю. Степанова
Казанский федеральный университет, leon9584k@gmail.com

В статье представлены результаты исследования содержания микропластика в воде и донных отложениях устьевой части реки Меши, притока реки Камы. Показано относительно небольшое содержание частиц микропластика в воде и донных отложениях по сравнению с литературными данными. В воде

по массе преобладают микрочастицы в виде нитей, в донных отложениях по массе примерно в равных соотношениях встречались нити и гранулы.

Ключевые слова: микропластик, река Меша, донные отложения.

Пластик на сегодняшний день является одним из наиболее востребованных материалов и используется практически во всех областях промышленности. Его физико-химические свойства, обеспечивающие его прочность, легкость и долговечность, в сочетании с низкой себестоимостью делают этот материал практически незаменимым при производстве широкого спектра изделий бытового назначения, в строительстве и на производстве [1].

Пластик вызывает растущую озабоченность, поскольку он загрязняет водные экосистемы в результате деятельности человека. Например, неправильное обращение с отходами. Эта проблема актуальна во всем мире. Благодаря своим свойствам, пластик может в течение продолжительного времени не разлагаться в естественной среде [2, 3].

Макрочастицы пластика представляют опасность для гидробионтов при проглатывании или запутывании, что может привести к летальному исходу. Микрочастицы пластика могут аккумулировать на себе различные токсичные элементы, накопление которых по пищевой цепи, может оказать негативное влияние на человека [2–4].

Данные анализа проб воды из 168 рек по всему миру показали, что содержание микропластика составляет в среднем 11128 ед./м^3 , в донных отложениях из 96 рек в среднем содержится 1161 ед./кг [5, 6]. Однако загрязнение рек частицами микропластиком варьирует в зависимости от места отбора проб: от значений количества, близких к нулю, до тысяч единиц на единицу массы или объема [5, 6].

Целью данной работы было провести рекогносцировочную оценку содержания микропластика в воде и донных отложениях в устьевой части реки Мешы – притока реки Камы.

В сентябре 2021 года было отобрано 10 проб воды с мелководья, объем одной пробы составил 100 л, а также 8 проб поверхностного слоя донных отложений с помощью штангового дночерпателя. Анализ проводили в соответствии с методиками, описанными в литературе [1].

Анализ полученных данных по воде показал, что среднее количество частиц микропластика в реке Меше составил 41 ед./м^3 , что ниже значений, приведенных в литературных источниках [2, 3]. Как видно на рисунке 1, основную часть составляют нити, в меньшем количестве встречались гранулы и единичные экземпляры микропластика, идентифицируемые как обломки. Среди нитей преобладают бесцветные, затем по частоте встречаемости – синие и фиолетовые (рис. 2).

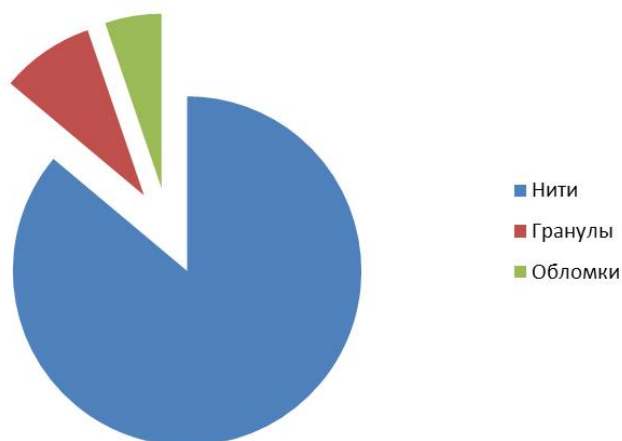


Рис. 1. Соотношение различных видов микропластика по массе в воде



Рис. 2. Соотношение цветных нитей микропластика по массе в воде

Общее количество частиц в донных отложениях в среднем составило 40 ед./кг, что также ниже значений, приводимых в литературе [2, 3]. Анализ состава частиц микропластика по видам показал примерно равное соотношение нитей и гранул (рис. 3). Донные отложения выступают депонирующей средой для микропластика в форме гранул, которых по массе значительно больше, чем нитей. Были отмечены единичные случаи встречаемости микро-частиц пленки.



Рис. 3. Соотношение различных видов микропластика по массе в донных отложениях

Среди нитей преобладают синие и красные (рис. 4). Отмечен более мо-
нохромный состав, по сравнению с нитями в воде.

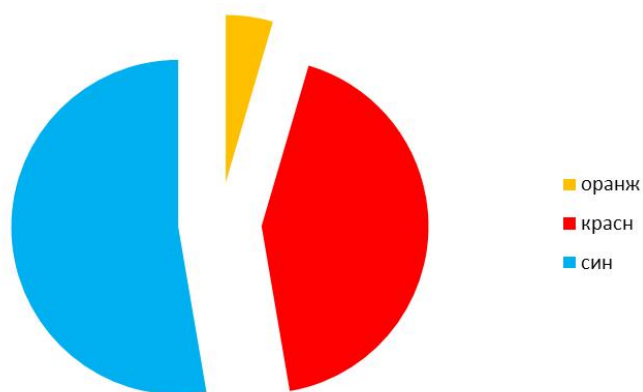


Рис. 4. Соотношение цветных нитей микропластика по массе
в донных отложениях

Таким образом, проведенное исследование показало наличие различных видов микропластика в абиотических компонентах реки Меши. Можно отметить, что содержание микропластика как в воде, так и в донных отложениях находится на низком уровне по сравнению с тем, что было выявлено в реках различных стран мира.

Библиографический список

1. Зобков М. Б., Есюкова Е. Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // Океанология. 2018. Т. 58. № 1. С. 149–157. doi: 10.7868/S0030157418010148
2. Microplastics in sediment and surface water of West Dongting lake and South Dongting lake: abundance, source and composition / C. Jiang, L. Yin, X. Wen, C. Du, L. Wu, Y. Long, Y. Liu, Y. Ma., Q. Yin, Z. Zhou, H. Pan // Environmental Research and Public Health. 2018. Vol. 15(10): 2164. P. 1–15. doi:10.3390/ijerph15102164
3. Li W. C., Tse H. F., Fok L. Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects // The Science of the Total Environment. 2016. Vol. 566–567. P. 333–349. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.05.084
4. Микропластик в водной среде [Электронный ресурс] – URL: <https://scientificrussia.ru/articles/mikroplastik-v-vodnoj-srede> (дата обращения: 16.09.2021).
5. Transport and deposition of microplastics and mesoplastics along the river course: a case study of a small river in central Italy / L. Gallitelli, G. Cesarini, A. Cera, M. Sighicelli, F. Lecce, P. Menegoni, M. Scalici // Hydrology. 2020. Vol. 7(4). Art. 90. doi:10.3390/hydrology7040090
6. Cera A., Cesarini G., Scalici M. Microplastics in freshwater: What are the news from the world? // Diversity. 2020. Vol. 12(7). Art. 276. <https://doi.org/10.3390/d12070276>

СУММАЦИОННЫЙ ИНТЕГРАТОР АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В ГОРОДАХ ДОНБАССА ПО ДАННЫМ ФИТОМОНИТОРИНГА

Е. В. Зайцева

Донецкий национальный университет, kf.botan@donnu.ru

По данным фитоиндикационного мониторинга в Донбассе, регистрационным записям в лабораторных журналах кафедры ботаники и экологии, а также оригинальным сведениям за 2020–2021 годы были рассчитаны суммационные показатели, которые рассмотрены как интегративный механизм оценки городов Центрального Донбасса по уровню антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: фитомониторинг, Донбасс, фитоиндикация, оценка качества среды, промышленный регион.

История активной и целенаправленной фитоиндикации в рамках экологического мониторинга Донецкого экономического региона развивается с 90-х годов XX века, когда были выделены приоритеты изучения структурных особенностей растений в зонах высоких концентраций тяжелых металлов [1–3]. На современном этапе исследования в этом направлении имеют широкий спектр методического и прикладного характера, например, с использованием ГИС технологий [4], в образовательной деятельности [5], при проведении экологической экспертизы на конкретных объектах промышленной собственности [6]. Опубликованы материалы перспективно-обзорного содержания [7], в том числе с использованием комплексных показателей состояния природных сред и локальных экосистем [8, 9]. Было предложено несколько оригинальных авторских критериев для комплексной оценки экотопов г. Донецка по фитоиндикационным критериям [10].

Цель работы – провести актуальный арифметический учет фактов регистрации повышенных уровней антропогенных воздействий на природные системы городов Донбасса по фитоиндикационным критериям.

Технология учета фактов высоких уровней трансформации среды заключалась в выборе признаков со значениями верхних трех позиций индикационных шкал [3]. Названия городов и населенных пунктов обобщенного статистического эксперимента указаны в таблице. Степень изученности в разных населенных пунктах отличается, поэтому было предложено использовать итоговый показатель удельного (по плотности) значения индексов в перерасчете на единицу площади в рамках административных границ городов – для понимания тренда техногенной нагрузки (по данным гетероморфного строения побеговой надземной части растения – габитуальная разнокачественность, отдельному показателю строения пыльцевых зерен, карполого-эмбриологическим деформациям, тератным проявлениям в листьях и деградационным процессам на ценопопуляционном уровне в сравнительно-временном аспекте).

**Количественный учет фитоиндикационных критериев
техногенной нагрузки в городах Центрального Донбасса**

Город, населенный пункт	Характеристики квантификации		
	блок структурных исследований	количество регистрируемых фактов	суммационный приоритет (удельный вес)
Донецк	габитуальная разнокачественность	234	II
	палинологические данные	1592	
	карполого-эмбриологические данные	196	
	фолиологические (тератные)	447	
	ценопопуляционные (деградативные)	45	
Макеевка	габитуальная разнокачественность	262	III
	палинологические данные	1688	
	карполого-эмбриологические данные	173	
	фолиологические (тератные)	443	
	ценопопуляционные (деградативные)	66	
Енакиев	габитуальная разнокачественность	301	I
	палинологические данные	1873	
	карполого-эмбриологические данные	209	
	фолиологические (тератные)	489	
	ценопопуляционные (деградативные)	60	
Горловка	габитуальная разнокачественность	216	II
	палинологические данные	1500	
	карполого-эмбриологические данные	140	
	фолиологические (тератные)	397	
	ценопопуляционные (деградативные)	41	
Харцызск	габитуальная разнокачественность	103	IV
	палинологические данные	602	
	фолиологические (тератные)	107	
Шахтерск	габитуальная разнокачественность	44	IV
	палинологические данные	255	
Ясиноватая	габитуальная разнокачественность	59	III
	палинологические данные	210	
Зургуэс	габитуальная разнокачественность	40	IV
	палинологические данные	201	
Снежное	габитуальная разнокачественность	53	VI
	палинологические данные	222	
Дебальцево	габитуальная разнокачественность	24	V
	палинологические данные	202	
Иловыйск	габитуальная разнокачественность	23	V
	палинологические данные	103	

Арифметическая суммация фитоиндикационных критериев высокой информативной значимости (интегратор) позволяет сравнить города по специфичности блоковой структурной изученности, определиться с недостающими компонентами для планирования дальнейшего эксперимента по всей территории Центрального Донбасса. Верхний тренд антропогенной нагрузки

в удельной плотности частоты встречаемости случаев индикаторного полиморфизма растений распределяет населенные пункты в последовательности: Енакиево, Донецк, Горловка, Макеевка, Ясиноватая.

В лабораторных журналах также содержится информация о видовой принадлежности каждого конкретного случая анатомо-морфологического отклонения от нормы в строении, есть данные об учете количества видов мохообразных и лишенизированных грибов. Отдельным блоком в фитоиндикационных данных содержится информация о степени асимметрии листовых пластинок древесных и травянистых растений, хотя эти серии экспериментов не входят в систему общего геостратегического мониторинга в Донбассе с привязкой к конкретному локалитету.

Таким образом, за период исследований и регистрации в журналах лаборатории экологического фитомониторинга в 2020 и 2021 гг. имеются многочисленные данные индикационного характера о существенном превышении уровня техногенной нагрузки на природные системы.

Библиографический список

1. Глухов А. З. Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов // Промышленная ботаника. 2002. Т. 2. С. 7–14.
2. Сафонов А. И. Индикационная ботаническая экспертиза – основа экологического мониторинга в промышленном регионе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2006. № 6. С. 19–31.
3. Сафонов А. И. Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998–2018 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 67–72.
4. Гермонова Е. А. Анализ ботанико-экологической информации по геолокации в промышленном Донбассе // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IV Междунар. науч. конф. Донецк : ДонНУ, 2019. Т. 2. С. 202–204.
5. Калинина А. В. Фитоиндикационный мониторинг на отвалах угольных шахт г. Макеевки, внедрение данных в образовательную программу // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : материалы Междунар. науч. конф. Донецк : ДонНУ, 2017. С. 80–82.
6. Сафонов А. И. Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 35–43.
7. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе : экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 6–12.
8. Сафонов А. И., Гермонова Е. А. Комплексный показатель нарушенности экотопов по фитоиндикационному критерию в г. Донецке // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2019. № 3–4. С. 171–175.
9. Yeprintsev S. A. Technologies for creating geographic information resources for monitoring the socio-ecological conditions of cities // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. Electronic edition. 2019. P. 012012.
10. Зайцева Е. В. Комплексные показатели уровня трансформации экотопов в г. Донецке по данным фитомониторинга // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2021. Вып. 13, Т. 1. С. 74–78.

ЭКСПРЕСС-ФИТОДИАГНОСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОКАЛИТЕТОВ ГОРОДА ДОНЕЦКА

Я. А. Суецкая

Донецкий национальный университет, kf.botan@donnu.ru

Проведен скрининговый эксперимент по квантификации улиц города Донецка с использованием экспресс-технологий фитоиндикационного метода. Получены актуальные данные для структурных элементов промышленного города по критериям фитодиагностики экотопов в 2021 г. Составлен ранжированный список локалитетов в тренде техногенного загрязнения и данных индикационной ботанической статистики.

Ключевые слова: фитомониторинг, Донецк, Донбасс, фитодиагностика состояния среды.

Процесс грамотной урбанизации обязательным образом учитывает параметры состояния аборигенной флоры как индикационных характеристик [1–3] степени трансформации и уровня техногенной нагрузки в открытых экосистемах [4–6]. Биодиагностика в условиях хозяйственной деятельности человека относится к обязательным процедурам функционального экологического мониторинга [2, 7–9], позволяющего своевременно получать и обрабатывать информацию о состоянии локальных экосистем [10–11].

Цель работы – проанализировав данные о состоянии некоторых растений-индикаторов по структурно-гетерогенному статусу в условиях урбанизированной системы г. Донецка, построить ранжированный ряд экотопов в тренде анропотехногенной нагрузки.

Для проведения полевых работ использовали методики фитоиндикационного мониторинга, разработанные на кафедре ботаники и экологии Донецкого национального университета в последние годы [5, 6, 9].

Основное сравнение геолокалитетов проводили в местах пересечения транспортных коммуникаций с учетом показателей на учетных площадках 30×30 м и при условии наличия хотя бы двух из пяти индикаторных видов: *Echium vulgare* L., *Atriplex patula* L., *Centaurea diffusa* Lam., *Diploaxis muralis* (L.) DC. и *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex Wigg.

В таблицах 1 и 2 представлены данные, полученные за весь вегетационный период с мая по октябрь 2021 г. с учетом реализации 4-х экспедиционно-маршрутных выездов. Для ранжирования были использованы три критерия, которые фиксировали в полевых условиях, суммационные значения регистрировали в журнале полевых сборов: количество пыли на поверхности листовых пластинок (обязательное камеральное взвешивание), разнокачественность габитуса растений-индикаторов по вегетативной и генеративной составляющей по 10-балльной шкале, а также показатель частоты встречаемо-

сти морфологических аномалий (проявления тератогенеза) в процентном соотношении по реперным признакам.

Экспериментальные данные было предложено разграничить в двух категориях экотопов: в непосредственной близости к промышленным предприятиям или техногенным объектам (табл. 1) и в типичных селитебных участках (табл. 2) и проводить дифференциацию внутри блоков сравнений.

Таблица 1

Экспресс-фитодиагностика промышленных экотопов г. Донецка

Геолокалитет (ранжировано)	Критерий фитоиндикационного мониторинга (категории экспресс-оценки)		
	уровень пылеосаждения, г/м ²	габитуальная разнокачественность	морфологический тератогенез, %
47°58'53" N; 37°48'22" E	9,6±0,07	8-10 тотальная	14,2 (высокий)
47°59'15" N; 37°48'41" E	9,2±0,08		13,8 (высокий)
47°58'56" N; 37°49'13" E	9,1±0,09		13,6 (высокий)
47°58'38" N; 37°49'09" E	9,0±0,10	7-9 тотальная	13,4 (высокий)
47°59'04" N; 37°50'13" E	8,9±0,05	8 фрагментарная	13,0
47°59'10" N; 37°51'07" E	8,9±0,06		12,5
47°57'55" N; 37°49'39" E	8,8±0,09	7 локальная	12,9
47°59'54" N; 37°50'33" E	7,5±0,07		11,7
47°56'59" N; 37°49'52" E	7,5±0,06	6-7 локальная	11,4
47°56'54" N; 37°37'33" E	7,5±0,07		16,3 (высокий, генеративный вклад)
47°59'01" N; 37°40'50" E	6,1±0,07	6, локальная	12,0
47°59'45" N; 37°52'44" E	6,1±0,05	5-6 локальная	11,7

Таблица 2

Экспресс-фитодиагностика селитебных экотопов г. Донецка

Геолокалитет (ранжировано)	Критерий фитоиндикационного мониторинга (категории экспресс-оценки)		
	уровень пылеосаждения, г/м ²	габитуальная разнокачественность	морфологический тератогенез, %
47°59'48" N; 37°48'32" E	4,1±0,05	5-6 локальная	8,6
47°59'25" N; 37°48'26" E	4,0±0,04		8,1
47°58'18" N; 37°47'51" E	4,2±0,03		8,3
47°58'15" N; 37°48'08" E	4,2±0,05	3-5 локально- эпизодическая	7,6
48°01'17" N; 37°48'13" E	4,1±0,08		5,8
48°01'25" N; 37°47'12" E	4,1±0,04		3,6
47°58'44" N; 37°54'10" E	3,6±0,03		3,0 (норма)
47°58'21" N; 37°54'19" E	3,4±0,05	2-3 эпизодическая	3,7
48°00'13" N; 37°52'17" E	3,1±0,02		3,1 (норма)
48°00'14" N; 37°51'46" E	3,1±0,05		3,0 (норма)
48°00'03" N; 37°53'50" E	2,8±0,05	2 эпизодическая	2,2 (норма)
48°01'36" N; 37°50'02" E	2,1±0,02		1,9 (норма)

Доказано, что в городских условиях по показателям запыленности и структурного индикационного полиморфизма растений территориальная близость к источникам промышленных эмиссий существенно отражается на состоянии элементов урбанофлоры и вызывает в большинстве случаев проявление массовых патологий функциональной активности. Отмечена плотная положительная корреляция между используемыми показателями (коэффициент попарной корреляции массивов +0,67, достоверный на 95%-ном доверительном интервале), поэтому в большинстве случаев для качественного анализа состояния и сравнения городских экотопов достаточно проведения полевого дробного экспресс-анализа морфологических признаков, что важно, например, при экстренном выявлении локальных случаев техногенной активности.

Таким образом, в г. Донецке наблюдается существенная дифференциация геолокалитетов по фитоиндикационной составляющей, что связано с формированием контрастной геохимически неоднородной среды и требует постоянного мониторинга.

Библиографический список

1. Гермонова Е. А. Анализ ботанико-экологической информации по геолокации в промышленном Донбассе // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IV Междунар. науч. конф. Донецк : ДонНУ, 2019. Т. 2. С. 202–204.
2. Bayouli I. T., Bayouli H. T., Dell'Oca A. Ecological indicators and bioindicator plant species for biomonitoring industrial pollution : Eco-based environmental assessment // Ecological Indicators. 2021. Vol. 125. doi: 10.1016/j.ecolind.2021.107508
3. Калинина А. В. Фитоиндикационный мониторинг на отвалах угольных шахт г. Макеевки, внедрение данных в образовательную программу // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : материалы Междунар. науч. конф. Донецк : ДонНУ, 2017. С. 80–82.
4. Епринцев С. А., Шекоян С. В. Геоинформационное картографирование урбанизированных территорий как механизм пространственной оценки социально-экологических факторов // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15), № 3. С. 109–115.
5. Сафонов А. И. Эмпирика фитоquantификации антропогенно трансформированной среды // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3–4. С. 42–47.
6. Сафонов А. И. Ботанико-экологические маркеры quantификации природных сред в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 3–4. С. 40–47.
7. Khondhodjaeva N. B. Bioindication and its importance in the conducting of ecological monitoring // European Science. 2018. № 4 (36). P. 68–70.
8. Safonov A. I. Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. 2013. No. 1 (13). P. 52–59.
9. Сафонов А. И. Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2019. № 1 (1). С. 4–16. doi: 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16
10. Safonov A. I. Phytoindicational monitoring in Donetsk // World Ecology Journal. 2016. Vol. 6. No. 4. P. 59–71.
11. Meena M. K. Impact of arsenic-polluted groundwater on soil and produce quality : a food chain study // Environmental Monitoring and Assessment. 2020. Vol. 192. No. 12. P. 785.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОЙМЫ р. ИПУТЬ ПОСЛЕ КАТАСТРОФЫ НА ЧАЭС

Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев, А. В. Бондарева

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,
dajneko@gsu.by

В статье приводятся результаты мониторинга содержания ^{137}Cs в луговых ассоциациях поймы р. Ипуть в 2017–2021 гг. Выявлено, что наибольшей удельной активностью ^{137}Cs характеризовались почвы и надземная фитомасса ассоциации *Caricetum gracilis*, а наименьшей – *Agrostietum vulgaris*. Наибольшая удельная активность ^{137}Cs в надземной фитомассе наблюдалась также в ассоциации *Caricetum gracilis*, а наименьшая – в ассоциации *Calamagrostietum epigeii*.

Ключевые слова: цезий-137, луговые экосистемы, пойма р. Ипуть, удельная активность.

Через 30 лет после первичного загрязнения пойменных лугов радионуклидами в результате катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) на пойме продолжается процесс перераспределения радионуклидов. Это связано с аллювиально-фациальной дифференциацией вещества паводковыми водами, отложением наилок, процессами переувлажнения и заболачивания, подтоками грунтовых вод, сорбцией органическим веществом, окислами железа и глинистыми минералами. Травянистые растения также могут по-разному накапливать радионуклиды в зависимости от видовых особенностей [1].

Одним из негативных последствий катастрофы на ЧАЭС продолжает оставаться радиоактивное загрязнение пойменных лугов. Пойменные луга являются наиболее ценными естественными кормовыми угодьями. Значительные площади лугов имеются на пойменных участках Белорусского Полесья [2]. Несмотря на то, что после катастрофы прошло более 30 лет, вопросы изучения радиоактивного загрязнения поймы реки Ипуть ^{137}Cs остаются актуальными.

Материалом для исследования являлись почвенные пробы и растительные образцы надземной фитомассы, отобранные в вегетационный период в 2017–2021 гг. в фазу колошения видов-доминантов четырех изучаемых луговых ассоциаций поймы р. Ипуть Добрушского района Гомельской области. Определение содержания ^{137}Cs в почвенных и растительных образцах проводили на гамма-спектрометрическом комплексе Tennelec по МВИ МН 3421-2010.

Флористический состав изучали по методу А. А. Корчагина [3], одновременно проводя геоботанические описания травостоев луговых экосистем [4–7]. Латинские названия видов высших растений даны по определителю [8].

Классификация луговых экосистем выполнена на основе эколого-флористических критериев по методу Браун-Бланке [9].

Удельная активность – это содержание радионуклида в единице массы Бк/кг; коэффициент накопления (КН) характеризует отношение содержания радионуклида в единице массы растения к содержанию радионуклида в единице массы почвы, Бк/кг:Бк/кг.

В связи с Республиканскими нормативами содержание радиоцезия в сене для получения чистого молока цельного не должно превышать 1300 Бк/кг.

Ниже приводится характеристика изучаемых луговых ассоциаций поймы р. Ипуть.

Объект 1. Сглаженная грива правобережной поймы р. Ипуть. Аспект травостоя пепельно-серый от соцветий полевицы обыкновенной. Проективное покрытие 70–90%, высота травостоя 90–100 (110) см. По эколого-флористической классификации луговая экосистема относится к ассоциации *Agrostietum vulgaris* Domin 1926, союзу *Cynosurion cristatu* R. Tx. 1947, порядку *Arrhenatheretea* Pawl.1928, классу *Molinio-Arrhenatheretea* Tx. 1937.

Объект 2. Пониженная равнина 15 м × 40 м. Травостой сообщества серо-зеленый от соцветий содоминантных видов овсяницы луговой (*Festuca pratensis*) и мятлика лугового (*Poa pratensis*). Проективное покрытие 80%, высота травостоя 60–70 (90) см. По эколого-флористической классификации луговая экосистема относится к ассоциации *Poo-Festucetum pratensis* Sapegin 1986, союзу *Festucion pratensis* Sipaylova, Mirkin, Shelyag et V. Solomakha 1985, порядку *Arrhenatheretea* Pawl.1928, классу *Molinio-Arrhenatheretea* Tx. 1937.

Объект 3. Плоская пониженная равнина прирусловой части правобережной поймы р. Ипуть. Аспект травостоя пепельно-зеленый. Проективное покрытие – 90–95%. Высота травостоя 90 (110) см. По эколого-флористической классификации луговая экосистема относится к ассоциации *Calamagrostietum epigeei* Sapegin 1986 var. *Poa pratensis*, союзу *Agrostio vinealis* Sipaylova et al. 1985, порядку *Galiatalia very* Mirk. et Naum. 1986, классу *Molinio-Arrhenatheretea* Tx. 1937.

Объект 4. Пониженная равнина в притеррасной части поймы р. Ипуть. Доминантом травостоя является осока острая (*Carex acuta*). Проективное покрытие 100%, высота травостоя 90–110 см. Почва перегнойно-глеевая. По эколого-флористической классификации луговая экосистема относится к ассоциации *Caricetum gracilis*, союзу *Magnocaricion elatae* Koch 1926, порядку *Magnocaricetalia* Pignatti 1953, классу *Phragmiti – Magnocaricetea*.

Результаты радиологического анализа удельной активности ^{137}Cs в почве луговых экосистем в пойме р. Ипуть показали (рис. 1), что наибольшая удельная активность ^{137}Cs в почве по годам исследований отмечена у ассоциации *Caricetum gracilis*. Удельная активность за период наблюдений с 2017 по 2021 гг. уменьшилась на 600 Бк/кг. Также относительно высокая удельная активность ^{137}Cs в почве была у ассоциации *Poo-Festucetum pratensis*, за годы

наблюдений она уменьшилась на 320 Бк/кг. Близкие значения удельной активности отмечены у ассоциации *Agrostietum vulgaris* и *Calamagrostietum epigeii*. Удельная активность ^{137}Cs в почве этих ассоциаций уменьшилась соответственно на 180–340 Бк/кг.

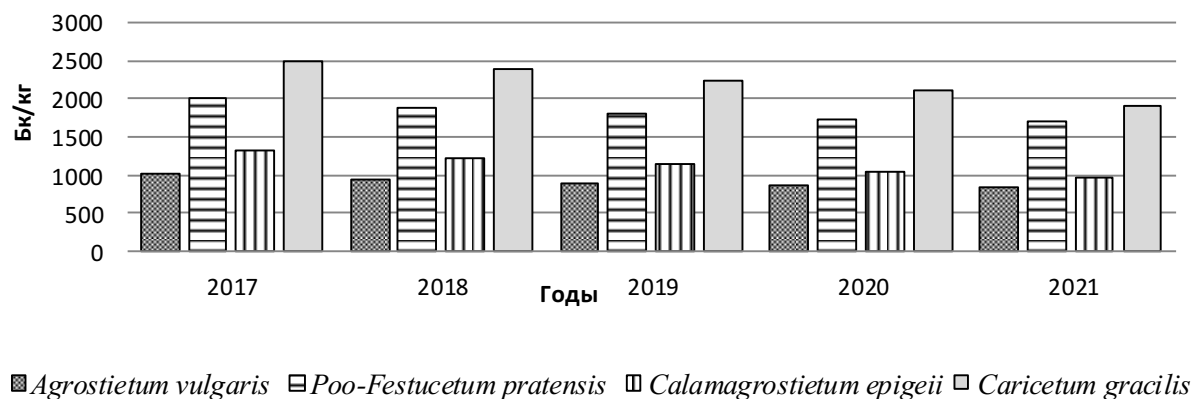


Рис. 1. Удельная активность ^{137}Cs в почве луговых ассоциаций в пойме р. Ипуть Добрушского района по годам исследований

Анализ удельной активности надземной фитомассы луговых ассоциаций в пойме р. Ипуть представлен на рисунке 2.

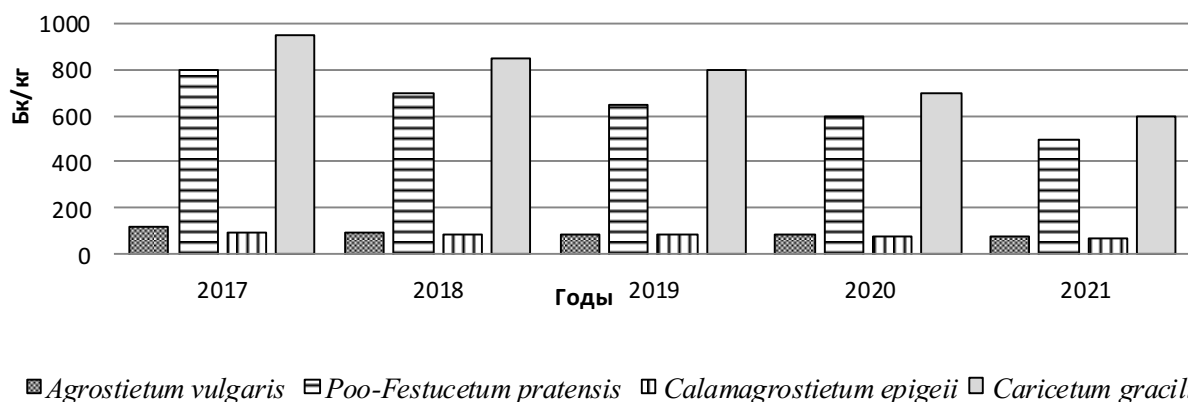


Рис. 2. Удельная активность ^{137}Cs в надземной фитомассе луговых ассоциаций в пойме р. Ипуть Добрушского района по годам исследований

Из рисунка 2 видно, что наибольшая удельная активность ^{137}Cs в надземной фитомассе среди изучаемых ассоциаций наблюдалась в ассоциации *Caricetum gracilis*, а наименьшая – в ассоциации *Calamagrostietum epigeii*, что в 7,8 раза меньше, чем в надземной фитомассе ассоциации *Calamagrostietum epigeii*. Следует подчеркнуть, что в надземной фитомассе содержание ^{137}Cs было гораздо ниже 1300 Бк/кг и полученный травяной корм с этих угодий может быть пригоден для использования животными без ограничений.

Анализ коэффициента накопления (КН) ^{137}Cs в надземной фитомассе луговых ассоциаций выявил, что величина КН имела свои особенности.

Высоким КН характеризовалась надземная фитомасса ассоциаций *Caricetum gracilis* и *Poo-Festucetum pratensis*. Невысокий КН был отмечен у ассоциаций *Agrostietum vulgaris* и *Calamagrostietum epigaei*, что в 4,3 раза меньше, чем в первых двух ассоциациях. В целом за пятилетний период наблюдалось уменьшение КН от первого года исследований к пятому (рис. 3).

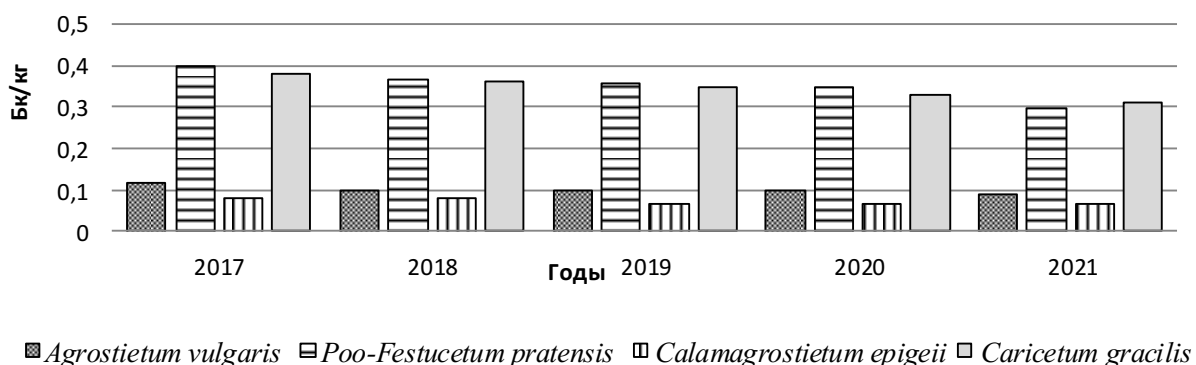


Рис. 3. Коэффициент накопления ^{137}Cs в надземной фитомассе луговых ассоциаций в пойме р. Ипуть Добрушского района по годам исследований

Проведенные исследования показали, что за период наблюдений во всех изучаемых луговых ассоциациях отмечалось уменьшение содержания радиоцезия в почве на 180–600 Бк/кг, а содержание в надземной фитомассе радиоцезия уменьшилось на 40–350 Бк/кг в зависимости от варианта опыта. Коэффициент накопления варьировал от 0,07 – в ассоциации *Calamagrostietum epigaei* до 0,31 в ассоциации *Caricetum gracilis*.

Библиографический список

1. Дайнеко Н. М., Тимофеев С. Ф. Состояние луговых экосистем бассейна р. Сож в постчернобыльский период : монография. Чернигов : Десна Полиграф, 2018. 168 с.
2. Нацыянальны атлас Беларусі. Мн. : Белкартография, 2002. 292 с.
3. Корчагин А. А. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника: сб. науч. ст. Л. : Наука, 1964. Т. 3. С. 39–62.
4. Александрова В. Д. Классификация растительности. Л. : Наука, 1969. 273 с.
5. Карамышева З. В. Опыт обработки описаний пробных участков степных сообществ методом Браун-Бланке // Бот. журн. 1967. Т. 52, № 8. С. 1132–1145.
6. Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломещ А. И. Современная наука о растительности. М. : Логос, 2002. 264 с.
7. Раменский Л. Г. Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л. : Наука, 1971. 334 с.
8. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В. И. Парфенова. Мн. : Дизайн ПРО, 1999. 472 с.
9. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Wien–New-York : Springer–Verlag, 1964. 865 p.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФИТОИНДИКАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ЭВТРОФИРОВАНИЯ КРУПНЕЙШИХ ВОДОХРАНИЛИЩ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. И. Кутявина¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ Вятский государственный университет, kutyavinati@gmail.com

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com

В статье представлены результаты фитоиндикационных исследований Белохолуницкого и Омутнинского водохранилищ Кировской области, проведенные в 2021 г. На акваторий водоемов обнаружены растения-индикаторы органического загрязнения (*Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla, *Equisetum fluviatile* L. и *Lemna minor* L.), загрязнения тяжелыми металлами (*Potamogeton lucens* L.) и эвтрофирования (*L. minor* L., *Typha latifolia* L.). Несколько раз за летне-осенний период отмечено интенсивное «цветение» воды в водохранилищах. Среди доминирующих видов фитопланктона выделен *Aphanizomenon flos-aquae*. Данный вид часто встречается в эвтрофированных водоемах Европейской части России.

Ключевые слова: фитоиндикация, эвтрофирование, макрофиты, фитопланктон, загрязнение воды.

Одной из актуальных проблем современности является эвтрофирование водных объектов, при котором наблюдается изменение трофического статуса водоема, массовое развитие в воде водорослей и цианобактерий (ЦБ), зарастание акваторий водоемов макрофитами [1, 2]. Актуальная информация об изменениях трофического состояния водных объектов, о характере и степени их загрязнения необходима для принятия решений о пригодности водоемов для хозяйственно-питьевого водоснабжения и промышленно-бытовых нужд. Для получения сведений о состоянии водного объекта и его загрязнении применяют различные методы исследования, в том числе методы фитоиндикации.

Цель работы – оценить степень загрязнения и эвтрофирования Белохолуницкого и Омутнинского водохранилищ по результатам фитоиндикационных исследований, проведенных на водоемах в 2021 г.

Объекты исследования – Белохолуницкое и Омутнинское водохранилища – это крупнейшие искусственно созданные водоемы Кировской области. Водохранилища были созданы в XVIII веке для водоснабжения металлургических производств, в настоящее время используются для культурно-бытовых нужд местных жителей и для рекреационных целей. Берега в верховье изучаемых водоемов заняты естественной растительностью, практически не используются в хозяйственной деятельности. На берегах у центральных участков водохранилищ находятся садовые общества, лечебно-оздоровительные учреждения и базы отдыха. На берегах вокруг приплотин-

ных участков водохранилищ располагаются населенные пункты, металлургические производства, автодороги.

Фитоиндикационные исследования проводили в июле-августе 2021 г. (середина вегетационного сезона) во время маршрутного обследования акватории и береговой линии, проводимого с моторной лодки. Во время обследования акватории фиксировали участки произрастания высших водных и прибрежных водных растений (макрофитов) и участки массового развития фитопланктона («цветения» воды), а также наличие растений-индикаторов загрязнения и эвтрофирования водоемов. Для выявления индикаторных видов использовали списки растений-индикаторов загрязнения и эвтрофирования различных водных объектов [3].

Заросли высших водных и прибрежно-водных растений были зафиксированы в Белохолуницком и Омутнинском водохранилищах преимущественно на мелководных участках в верховье и вдоль берегов в центральной части водоемов, они занимали до 30% площади зеркала воды водоемов.

В центральной части Белохолуницкого водохранилища вдоль правого берега отмечены крупные заросли *Typha latifolia* L. Данный вид считается индикатором заболоченных участков с грунтовым и поверхностным подтоплением, мезо- и эвтрофных водоемов с колебанием уровня воды в широких пределах, а также илисто-торфянистых отложений [4–6].

На акватории Омутнинского водохранилища в 2021 г. были отмечены: *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla, *Equisetum fluviatile* L. и *Lemna minor* L. (в небольшом количестве). Данные виды являются индикаторами органического загрязнения воды. *Lemna minor* L. также является индикатором эвтрофирования водоема. Заросли *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla и *Equisetum fluviatile* L. были обнаружены на нескольких участках в верховье, центральной и приплотинной частях Омутнинского водохранилища, *Lemna minor* L. была встречена только в центральной части водоема. На берегах в центральной части водохранилища расположены лечебно-оздоровительные учреждения, садоводческие общества и места рекреации. Также в центральной части водоема (вдоль берегов) отмечены заросли *Typha latifolia* L. В верховье были отмечены обширные заросли *Potamogeton lucens* L. Известно, что *P. lucens* L. является индикатором загрязнения воды тяжелыми металлами [3]. Согласно проведенному нами анализу воды и донных отложений, в настоящее время содержание тяжелых металлов (меди, свинца, кадмия и цинка) в верховье Омутнинского водохранилища ниже, чем в его приплотинной части и намного ниже ПДК_{к-б} (для воды) и кларковых содержаний определяемых металлов в земной коре (для донных отложений). Возможно, загрязнение воды тяжелыми металлами на данной акватории происходило ранее, до начала исследования, и способствовало развитию *P. lucens* L.

Массовое развитие водорослей и цианобактерий (ЦБ) в Белохолуницком водохранилище отмечали несколько раз в течение июня-августа 2021 г. на всей акватории водоема. Наиболее интенсивное «цветение» воды было за-

фиксировано в середине августа 2021 г. на приплотинном участке акватории, вблизи населенных пунктов.

В Омутнинском водохранилище массовое развитие фитопланктона в 2021 г. наблюдали несколько раз за летне-осенний период, наиболее интенсивное «цветение» воды зафиксировано в середине июля (рис. 1, 2) и начале сентября (рис. 3).



Рис. 1. Массовое развитие фитопланктона в центральной части Омутнинского водохранилища, вдоль левого берега водохранилища ($58^{\circ}39'30''$ с. ш., $52^{\circ}08'05''$ в. д.) (фото Т. И. Кутявиной, 14.07.2021)



Рис. 2. Массовое развитие фитопланктона в центральной части Омутнинского водохранилища, вдоль правого берега водохранилища ($58^{\circ}40'00''$ с. ш., $52^{\circ}09'50''$ в. д.) (фото Т. И. Кутявиной, 14.07.2021)



Рис. 3. Массовое развитие фитопланктона в приплотинной части Омутнинского водохранилища (58°39'24" с. ш., 52°10'44" в. д.) (фото Т. И. Кутявиной, 04.09.2021)

По результатам альгологического анализа выявлено, что на разных участках акватории Омутнинского водохранилища доминировали следующие виды водорослей и ЦБ: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena crassa*, *A. spiroides*, *A. lemmermannii*, *A. planctonica*, *Microcystis aeruginosa*, *Nostoc* sp., *Stephanodiscus* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia palea*, *Pinnularia* sp., *Mallomonas* sp., *Peridinium cinctum*, *Sphaerocystis planctonica*, *Chlorella vulgaris*. Массовое развитие ЦБ, преимущественно *Aphanizomenon flos-aquae*, вместе с *Anabaena spiroides* и *Microcystis aeruginosa*, чаще всего отмечаемых в эвтрофированных водоемах Европейской части России [7], зафиксировано в центральной части Омутнинского водохранилища (рис. 2) на акваториях с повышенным содержанием органических веществ и аммонийного азота. Индикатор чистых вод – *Sphaerocystis planctonica* – обнаружен только на мелководных участках Омутнинского водохранилища, покрытых зарослями высших водных растений, преимущественно *Equisetum fluviatile* и *Persicaria amphibian* (в месте впадения р. Песчанки в водохранилище).

Таким образом, согласно результатам фитоиндикационных исследований, процессы эвтрофирования и, в частности, интенсивного «цветения» воды в 2021 г. были отмечены для Белохолуницкого и Омутнинского водохранилищ. Заросли макрофитов встречались преимущественно на мелководных участках акваторий в верховье и в центральной части водохранилищ. Участки массового развития фитопланктона были выявлены в центральной части водохранилищ и на приплотинных участках, вблизи расположения населенных пунктов. Стимулирующим фактором для развития фитопланктона, вероятно, стало высокое содержание органических веществ и аммонийного азота на данных участках водоемов.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых – кандидатов наук (МК-5830.2021.1.5).

Библиографический список

1. Мирненко Э. И. Особенности эвтрофирования Нижнекальмиусского водохранилища // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 3–4. С. 24–30.
2. Khorasani H., Kerachian R., Malakpour-Estalaki S. Developing a comprehensive framework for eutrophication management in off-stream artificial lakes // Journal of Hydrology. 2018. Vol. 562. P. 103–124.
3. Власов Б. П., Гигевич Г. С. Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды: Метод. рекомендации. Мн. : БГУ, 2002. 84 с.
4. Капитонова О. А., Платунова Г. Р., Капитонов В. И. Рогозы Вятско-Камского края : монография. Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2012. 190 с.
5. Макрофиты – индикаторы изменения природной среды / Д. В. Дубына, С. М. Стойко, К. М. Ситник, Л. А. Тасенкевич, Ю. Р. Шеляг-Сосонко, С. Гейны, З. Гроудова, Ш. Гусак, Г. Отягелова, О. Эржабекова. Киев : Наукова думка, 1993. 435 с.
6. Genetic and clonal diversity of two cattail species *Typha latifolia* and *T. angustifolia* (Typhaceae), from Ukraine / O. V. Tsyusko, M. H. Smith, R. R. Sharitz, T.C. Glenn // American Journal of Botany. 2005. Vol. 92. No. 7. P. 1161–1169. doi: 10.3732/ajb.92.7.1161
7. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2006. 367 с.

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ *PRUNUS PADUS* L., *RUBUS SAXATILIS* L., *ORIGANUM VULGARE* L. В ЕСТЕСТВЕННЫХ СООБЩЕСТВАХ БУРЗЯНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Г. Г. Бускунова

Сибайский институт (филиал) «Башкирский государственный университет», gulsina_busk@mail.ru

В данной статье рассматриваются биогеохимические особенности растений *Prunus padus* L., *Rubus saxatilis* L., *Origanum vulgare* L. по отношению к тяжелым металлам. Показано избирательное накопление микроэлементов растениями разных видов. В исследуемых растениях Fe и Cd отнеслись к элементам энергичного накопления, Cu, Zn, Ni, Mn, Pb, Co – к элементам сильного накопления. Биогеохимическая активность растений условиях Бурзянского района Республики Башкортостан изменялись в ряду *Rubus saxatilis* L. → *Origanum vulgare* L. → *Prunus padus* L.

Ключевые слова: биогеохимическая активность, индекс аккумуляции, видоспецифичность, тяжелые металлы.

Круговорот химических элементов (ХЭ) в системе «почва-растения-почва» является важной составляющей общего механизма функционирования наземных экосистем биосферы. Растения поглощают микроэлементы и

накапливают их в своих тканях с разной интенсивностью, в зависимости от свойств самих элементов, физиологических потребностей, видовой геохимической специализации, уровней содержания доступных форм в почвах, наличия барьерных механизмов поглощения различными органами. При техногенных воздействиях на ландшафт растения вырабатывают специфические механизмы адаптации, которые защищают клеточный метаболизм от вредного влияния избыточных количеств тяжелых металлов (ТМ) [1]. В связи с усилением антропогенной нагрузки на ландшафты актуальной становится задача проведения биогеохимических исследований в фоновых территориях, где можно проследить естественную миграцию ХЭ между живыми и биокосными составляющими среды.

Исследования по оценке интенсивности поглощения ТМ растениями разных ярусов при почвенных концентрациях элементов, близких к фоновым, проводились в лесных сообществах в июле 2021 года на территории Бурзянского района Республики Башкортостан (РБ) в окрестностях д. Байгазы.

Целью нашей работы явилось изучение биогеохимической активности растений черемухи обыкновенной (*Prunus padus* L.), костяники каменистой (*Rubus saxatilis* L.), душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) в естественных местах произрастания.

Отбор проб почвы проведен методом конверта. С пробной площадки образцы почв отобраны с помощью лопаты на глубине 5–15 см и упаковывались в полиэтиленовые мешочки, затем высушивались, просеивались через сито для дальнейших исследований. Образцы растительного сырья отбирались в случайном порядке. Растения высушивались до воздушно-сухого состояния и разбирались на части: плоды, цветки, листья, стебли, корни, кора у деревьев. Затем растительное сырье размалывалось, упаковывалось в конверты с соответствующими надписями. Содержание Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Mn, Fe, Ni (мг/кг) в почвенных и растительных образцах определяли методом атомной абсорбции в центральной лаборатории СФ ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» г. Сибай.

Для оценки содержания ТМ в почве были использованы значения предельно допустимых концентраций (ПДК) для валовых (ПДК_{в.ф}) и подвижных (ПДК_{п.ф}) форм [2, 3]. Одним из показателей интенсивности поглощения ТМ в ландшафтах является индекс аккумуляции (I_A). Индекс аккумуляции представляет собой отношение концентрации ТМ в воздушно-сухой массе растений к содержанию подвижных форм в почвах. Если $I_A > 10$, элемент относится к группе энергичного накопления, если $10 > I_A \geq 1$, металл относится к элементам слабого накопления, если $1 > I_A \geq 0,1$ – к элементам слабого захвата, если $I_A < 0,1$ – к элементам слабого и очень слабого захвата [4, 5].

Для того, чтобы количественно выразить общую способность видов к концентрации ТМ, нами была изучена биогеохимическая активность вида (БХА), которая представляет собой суммарную величину, получающаяся при сложении I_A ТМ [6].

Анализ данных показал, что содержание валовых форм Cu, Zn, Mn, Fe, Pb, Ni, Cd в почве находились в пределах ПДКв.ф., за исключением Co, концентрация которого превышал ПДКв.ф. 2,3 раза (табл.).

Таблица

Интенсивность миграции тяжелых металлов в растениях

Виды	Величина индекса аккумуляции			
	> 10 (энергичного накопления)	1–10 (сильного накопления)	0,1–1 (среднего захвата)	< 0,1 (слабого и очень слабого захвата)
<i>Prunus padus</i> L.	Fe, Cd	Cu, Zn, Ni, Mn, Pb, Co	–	–
<i>Rubus saxatilis</i> L.	Fe, Cd	Cu, Zn, Ni, Mn, Pb, Co		–
<i>Origanum vulgare</i> L.	Fe, Cd	Cu, Zn, Ni, Mn, Pb, Co	–	–

Содержание подвижных форм Cu, Zn, Mn, Fe, Co, Pb, Cd в почве находились в пределах ПДКп.ф. Концентрация Ni превышал ПДКп.ф. незначительно в 1,05 раза.

Максимальное процентное содержание подвижных форм от валового количества для Cu составляло – 8,1%, Zn – 18,75%, Fe – 0,20%, Mn – 6,54%, Ni – 5,38%, Cd – 12,50%, Co – 4,21%, Pb – 1,74%. Степень подвижности тяжелых металлов в почве уменьшался в ряду Zn→Cd→Cu→Mn→Ni→Co→Pb→Fe (рис. 1).

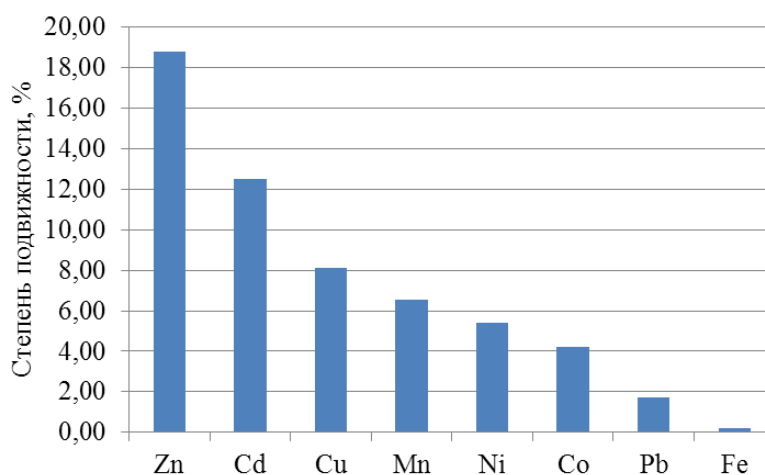


Рис. 1. Степень подвижности тяжелых металлов в исследованных почвах

В исследуемых растениях Fe и Cd относятся к элементам энергичного накопления, Cu, Zn, Ni, Mn, Pb, Co – к элементам сильного накопления (табл.).

Биогеохимическая активность поглощения микроэлементов из почв определяется филогенетической специализацией растений. Растения древесного яруса *Prunus padus* L. (БХА = 212,4), обладал минимальной биогеохимической активностью (рис. 2).

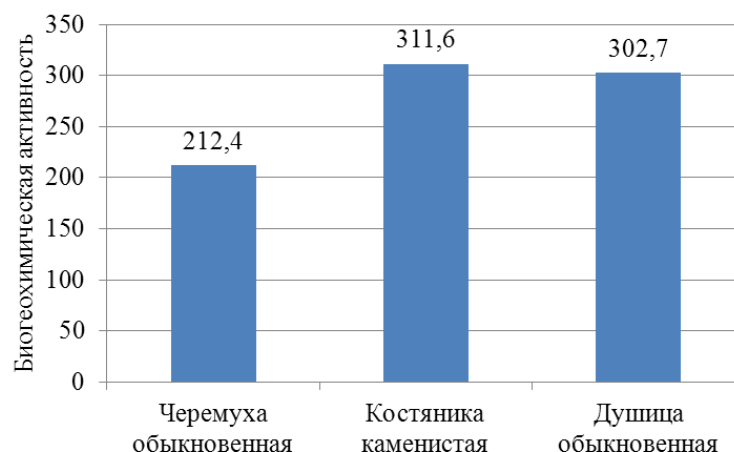


Рис. 2. – Биогеохимическая активность растений

Среди растений травяно-кустарничкового яруса максимальную активность проявил *Rubus saxatilis* L. (БХА = 311,6) и *Origanum vulgare* L. (БХА = 302,7).

Библиографический список

1. Енчилик П. Р., Асеева Е. Н., Семенков И. Н. Биологическое поглощение и биогеохимическая подвижность микроэлементов в лесных ландшафтах Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника // Проблемы региональной экологии. 2018. № 4. С. 93–98.
2. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М. : ЦИНАО, 1992. 61 с.
3. Гигиенические нормативы 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
4. Ивлев А. М. Биогеохимия. М. : Высшая школа, 1986. 127 с.
5. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск : Наука, 1991. 149 с.
6. Авессаломова И. А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов. М. : МГУ, 1987. 108 с.

МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ВЫСШИХ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ УСТЬЯ РЕКИ НЯРТСЮЮ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «ЮГЫД ВА», СЕВЕРНЫЙ УРАЛ РЕСПУБЛИКИ КОМИ)

В. А. Канев

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, kanev@ib.komisc.ru*

Была впервые исследована флора в районе устья р. Няртсюю (бассейн р. Щугор) Национального парка «Югыд Ва» (Республика Коми) расположенная на Северном Урале, которая является в ботаническом отношении не изучена. Выявлена систематическая, таксономическая и географическая структу-

ра флоры. В результате исследований выявлены местообитания редких охраняемых видов растений.

Ключевые слова: флора, сосудистые растения, национальный парк, Северный Урал, охраняемые растения

Исследование и мониторинг биоты особо охраняемых природных территорий (ООПТ), которые имеют ключевое значение для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия как основы биосферы, рассматриваются в мире в качестве важнейшего приоритета. Республика Коми, где ландшафты мало трансформированы деятельностью человека, представляет собой уникальный полигон для сохранения и изучения биологического разнообразия. В регионе созданы 234 ООПТ, три из которых – Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник, Национальный парк «Югыд ва», Национальный парк «Койгородский», государственный природный заказник «Параськины озера» имеют федеральный статус, остальные – региональное (республиканское) подчинение. Общая площадь природно-заповедного фонда составляет 5443122,56 га – примерно 13% от общей площади республики [1–4].

Национальный парк «Югыд ва», расположенный в Республике Коми – один из крупнейших природоохранных объектов федерального значения, утвержденный Постановлением Правительства Российской Федерации в 1994 году. Сосредоточенный здесь крупнейший в Европе массив ненарушенных таежных лесов играет важную роль в сохранении естественного хода природных процессов и поддержании разнообразия таежного биома. Резерват занимает площадь около 20 тыс. км² и расположен на западном склоне Уральского хребта, охватывая горную, предгорную и равнинную орографические зоны. Протяженность парка с севера на юг составляет 280 км, с запада на восток – от 50 до 100 км [1, 4].

Несмотря на то, что в последние десятилетия специалистами Института биологии Коми НЦ УрО РАН проведено углубленное изучение растительности, флор сосудистых и споровых растений национального парка, биот лишайников и грибов, выявлены новые, в том числе редкие виды и изучена структура их популяций, многие труднодоступные участки этого крупного резервата и западного макросклона Приполярного и Северного Урала в целом до настоящего времени не обследованы или обследованы не в полной мере [2–4]. Ранее были исследованы близлежащие территории в бассейне реки Щугор: севернее в 18 км от данного места – нижнее течение реки Торговая в устье реки Лепта-Нидерма в 2020 году [5] и южнее в 20–30 км – южные, восточные и западные склоны горного массива г. Тэльпозиз [6].

В 2019–2021 гг. было продолжено изучение разнообразия растительного мира ключевых участков, расположенных на Северном и Приполярном Урале в центральной части Национального парка «Югыд ва». В 2021 г. проведены полевые исследования на ключевом участке, расположенном в устье

р. Няртсою в среднем течении р. Щугор (64°00'с.ш., 59°16'в.д.). Данный участок находится на границе Северного и Приполярного Урала, на северных склонах горного массива г. Тэльпозиз, и также охватывает западный склон хр. Ууты. Изучение флоры сосудистых растений окрестностей устья р. Няртсою выполняли маршрутным методом с обследованием всех встречающихся местообитаний и типов растительности. Протяженность радиальных маршрутов составляла до 7 км. Кроме того, при составлении списка локальной флоры использованы данные геоботанических описаний. Списки видового состава локальной флоры документированы гербарными сборами, хранящимися в гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO). Определение растений выполнено с использованием монографии «Флора Северо-Востока европейской части СССР» [7]. Данная сводка использована и при отнесении вида к географическим группам ареалов. Названия растений и расположение семейств приводятся по сводке С. К. Черепанова [8].

Согласно геоботаническому районированию, бассейн Щугора относится к Восточноуральско-Западносибирской подпровинции Урало-Западносибирской таежной провинции Евразийской таежной области и располагается в северной подзоне тайги [9]. По схеме районирования, принятой для Республики Коми, он входит в округ пармовых и горных еловых, пихтовых и пихтово-еловых лесов с участием кедра и лиственницы на Северном и Приполярном Урале [10].

Флора окрестностей устья реки Няртсою насчитывает 340 видов сосудистых растений, относящихся к 194 родам и 60 семействам. Пропорция флоры (среднее число родов и видов в одном семействе) составляет 1:3,2:5,6. В данном районе Северного и Приполярного Урала (бассейн среднего течения реки Щугор и окрестности горного массива Тэльпозиз), это наиболее разнообразная локальная по видовому богатству. Это связано с тем, что на данном ключевом участке представлен широкий спектр экотопов и типов растительности: кроме горных лесов и сообществ верхних поясов гор, имеется обширная сеть болот, а в долинах рек развиты пойменные крупнотравные луга, представлены скальные выходы горных пород.

К высшим споровым сосудистым растениям, которые представлены папоротниками, хвощами, плаунами, относятся 25 видов (7,4%). Одиннадцать видов принадлежат к папоротниковидным: *Woodsia glabella* R. Br., *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs, *D. dilatata* (Hoffm.) A. Gray, *Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt, *Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz, *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex G.Kunze) Kurata, *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm., *G. robertianum* (Hoffm.) Newm., *Rhizomatopteris montana* (Lam.) A.Khokhr., *Cryptogramma crispa* (L.) R. Br. Разнообразие хвощевидных и плауновидных примерно такое же (по семь видов соответственно), немного ниже, чем папоротниковидных. Семь видов принадлежат к голосеменным растениям, которые представлены хвойными: *Abies sibirica* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour, *Pinus sylvestris* L.,

Juniperus communis L. и *J. sibirica* Burgsd. Первые четыре из перечисленных видов принадлежат к числу эдификаторов лесных сообществ.

Остальные виды (241) относятся к покрытосеменным или цветковым растениям, из которых 77 – однодольные, а 164 – двудольные. Соотношение однодольных и двудольных составляет 1:2.1. Однодольные растения представлены семействами *Sparganiaceae* Rudolphi, *Potamogetonaceae* Dumort., *Scheuchzeriaceae* Rudolphi, *Poaceae* Barnhart, *Cyperaceae* Juss., *Araceae* Juss., *Lemnaceae* S.F.Gray, *Juncaceae* Juss., *Melanthiaceae* Batsch, *Alliaceae* J.Agardh, *Trilliaceae* Lindl., *Liliaceae* Juss., *Convallariaceae* Horan., *Orchidaceae* Juss.. Двудольные принадлежат к семействам *Salicaceae* Mirb., *Betulaceae* S.F. Gray, *Urticaceae* Juss., *Polygonaceae* Juss., *Caryophyllaceae* Juss., *Ranunculaceae* Juss., *Paeoniaceae* Rudolphi, *Brassicaceae* Burnett, *Droseraceae* Salisb., *Crassulaceae* DC., *Saxifragaceae* Juss., *Parnassiaceae* S.F. Gray, *Grossulariaceae* DC., *Rosaceae* Juss., *Fabaceae* Lindl., *Geraniaceae* Juss., *Oxalidaceae* R.Br., *Callitrichaceae* Link, *Empetraceae* S.F. Gray, *Hypericaceae* Juss., *Violaceae* Batsch, *Thymelaeaceae* Juss., *Onagraceae* Juss., *Hippuridaceae* Link, *Apiaceae* Lindl., *Cornaceae* Dumort., *Pyrolaceae* Dumort., *Ericaceae* Juss., *Diapensiaceae* Lindl., *Primulaceae* Vent., *Gentianaceae* Juss., *Menyanthaceae* Dumort., *Polemoniaceae* Juss., *Boraginaceae* Juss., *Lamiaceae* Lindl., *Scrophulariaceae* Juss., *Lentibulariaceae* Rich., *Rubiaceae* Juss., *Caprifoliaceae* Juss., *Adoxaceae* Trautv., *Valerianaceae* Batsch, *Campanulaceae* Juss., *Asteraceae* Dumort..

Наибольшим числом видов отличаются семейства *Cyperaceae* (34), *Poaceae* (33), *Asteraceae* (32), *Rosaceae* (19), *Ranunculaceae* (17), *Caryophyllaceae* (17), *Salicaceae* (14), *Ericaceae* (13), *Scrophulariaceae* (13) и *Juncaceae* (9). Остальные семейства включают от восьми до одного вида. Доля видов в 10 ведущих семействах составляет 62%.

Среди родов наибольшим числом видов представлен род *Carex* L. (27). Второе место по численности занимает род *Salix* L. (13). Заметным разнообразием видов также отличаются роды *Stellaria* L. (8), *Equisetum* L. (7), *Poa* L. (6), *Rubus* L. (5), *Lusula* DC. (5), *Eriophorum* L. (5), *Ranunculus* L. (5) и *Pedicularis* L. (5). Остальные роды включают от четырех до одного вида. Родовая насыщенность составляет 1,75. Родовой коэффициент составляет 57%.

Растения, произрастающие в устье реки Няртсюю, относятся к разным географическим элементам. Географический анализ флоры по составу широтных групп показал преобладание бореальных видов, которых больше половины от общего числа выявленных сосудистых растений – 208 видов или 61,2%. Среди бореальных видов такие эдификаторы и доминанты растительных сообществ, как *Abies sibirica*, *Larix sibirica*, *Picea obovata*, *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin., *Carex rostrata* Stokes, *Aconitum septentrionale* Koelle, *Bistorta major* S.F. Gray, *Crepis sibirica* L. Намного меньше таксонов (107 видов или 31,5%) принадлежат к северным широтным группам: арктической, аркто-альпийской и гипоарктической. Арктических видов, характерных для тундровой зоны, 14 или 4,1%: *Poa alpigena* (Blytt) Lindm, *Carex arctisibirica* (Jurtz.) Czer., *C. glacialis* Mackenz., *C. rariflora* (Wahlenb.) Smith, *C. rotundata* Wah-

lenb., *Luzula wahlenbergii* Rupr., *Salix lanata* L., *Stellaria calycantha* (Ledeb.) Bong., *Saxifraga nivalis* L., *Astragalus subpolaris* Boriss. et Schischk., *Hedysarum arcticum* B. Fedtsch., *Harrimanella hypnoides* (L.) Cov., *Taraxacum nivale* Lange ex Kihlm. и *Tephroseris atropurpurea* (Ledeb.) Holub. Аркто-альпийских видов 47 или 13,8%: *Cryptogramma crispa* (L.) R. Br., *Poa alpina* L., *Eriophorum scheuchzeri* Hoppe, *Salix nummularia* Anderss., *Oxyria dygyna* (L.) Hill, *Potentilla crantzii* (Crantz) G. Beck ex Fritsch, *Omalotheca supina* (L.) DC., *Pachypleurum alpinum* Ledeb. и др. Гипоарктических видов отмечено 46 видов или 13,5%: *Equisetum scirpoides* Michx., *Juniperus sibirica* Burgsd., *Calamagrostis lapponica* (Wahlenb.) C. Hartm., *Betula tortuosa* Ledeb., *Pinguicula vulgaris* L., *Polemonium acutiflorum* Willd. ex Roem. et Schult., *Chamaepericlymenum suecicum* (L.) Aschers. et Graebn., *Tephroseris integrifolia* (L.) Holub и др.

Суммарное участие южных широтных групп (10 видов) составило 2,9%. Лесостепных видов не отмечено. Неморально-бореальных видов зарегистрировано 9 или 3,4%: *Dryopteris dilatata*, *Phegopteris connectilis*, *Melica nutans* L., *Milium effusum* L., *Daphne mezereum* L., *Paris quadrifolia* L., *Padus avium* Mill., *Lamium album* L., *Crepis paludosa* (L.) Moench; они произрастают в смешанных лесах разнотравных в долине реки. Неморальный вид один (0,3%) – *Stellaria holostea* L.; произрастает в пойме реки под пологом леса. Четырнадцать видов (4,1%) имеют полизональное распространение: *Equisetum arvense* L., *E. fluviatile* L., *E. palustre* L., *Potamogeton alpinus* Dumort., *Sparganium emersum* Rehm., *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, *Lemna minor* L., *Rumex acetosella* L., *Rumex confertus* Willd., *Cerastium holosteoides* Fries, *Sagina procumbens* L., *Callitriche cophocarpa* Sendtner, *Turritis glabra* L.; большинство из них произрастает во влажных, водных и болотных сообществах.

Среди долготных групп преобладают виды с широкими голарктическими – *Phegopteris connectilis*, *Juniperus communis*, *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub, *Poa palustris* L., *Alopecurus aegualis* Sobol., *Carex pauciflora* Lightf., *Bistorta vivipara* (L.) S.F. Gray, *Rosa majalis* Herrm.; и евразийскими ареалами – *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex G.Kunze) Kurata, *Agrostis gigantea* Roth, *Festuca pratensis* Huds., *Carex juncella* (Fries) Th. Fries, *Veratrum lobelianum* Bernh., *Thalictrum simplex* L., *Trifolium pratense* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Veronica longifolia* L., *Senecio nemorensis* L. Их доли составляют соответственно 42,6 и 34,7% от общего числа видов. Это типичная черта флоры таежной зоны Голарктики.

Европейских видов 38 или 11,2% от общего числа таксонов – *Anthoxanthum odoratum* L., *Nardus stricta* L., *Ranunculus acris* L., *Trifolium medium* L., *Trollius europaeus* L., *Euphrasia frigida* Pugsf., *Solidago virgaurea* L. К азиатским видам относятся 14 видов или 4,1%: *Abies sibirica*, *Larix sibirica*, *Picea obovata*, *Pinus sibirica*, *Juniperus sibirica*, *Trisetum sibiricum* Rupr., *Salix jenisseensis* (Fr.Schmidt) B. Floder., *Cerastium davuricum* Fisch. ex Spreng., *Ribes hispidulum* (Jancz.) Pojark., *Sorbus sibirica* Hedl. и другие. Соотношение европейских и азиатских (сибирских) видов закономерно отражает положение изученной территории на границе двух частей света – Европы и Азии. Космо-

политных видов четыре (1,2%) – *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Lemna minor*, *Sagina procumbens*, *Callitriche cophocarpa*. Один вид (0,3%) является эндемиком Северного и Приполярного Урала – *Anemonastrum biarmense* (Juz.) Holub.

Во флоре устья реки Няртсую, произрастают 16 видов, занесенных в Красную книгу Республики Коми [11]. Три вида – *Cryptogramma crispa*, *Pinus sibirica*, *Rhodiola quadrifida* (Pall.) Fisch. et C.A. Mey отнесены к группе таксонов с категорией статуса редкости 2. Тринадцать видов классифицированы как редкие (категория статуса 3) – *Woodsia glabella*, *Cinna latifolia* (Trev.) Griseb., *Carex glacialis*, *Juncus stygius* L., *Anemonastrum biarmiense*, *Rhodiola rosea* L., *Paeonia anomala* L., *Diapensia lapponica* L., *Lagotis uralensis* Schischk., *Cirsium helenioides* (L.) Hill, *Artemisia norvegica* Fries., *Tephrosia atropurpurea* (Ledeb.) Holub, *Saussurea parviflora* (Poir.) DC. Четырнадцать видов нуждаются в постоянном контроле численности популяций и включены в приложение 1 к региональной Красной книге: *Gymnocarpium robertianum*, *Rhizomatopteris montana*, *Poa sibirica* Roshev., *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soo, *Gymnadenia conopsea* (L.) R.Br., *Loydia serotina* (L.) Reichenb., *Oxyria dygyna* (L.) Hill, *Xamilenis acaulis* (L.) Tzvel., *Thalictrum alpinum* L., *Hedysarum arcticum*, *Harrimanella hypnoides*, *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv., *Phyllodoce caerulea* (L.) Bab., *Veronica alpina* L. Все флористические находки редких и охраняемых видов для данного района являются новыми. Часть популяций редких и охраняемых растений являются, найденных в районах исследований, находятся в стабильном состоянии, отличаются высокой численностью и плотностью (*Anemonastrum biarmiense*, *Cryptogramma crispa*, *Diapensia lapponica*, *Paeonia anomala*, *Pinus sibirica*, *Rhodiola rosea*).

Исследования проведены в ходе выполнения темы государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН «Оценка эколого-ценотического, видового и популяционного разнообразия растительного мира ключевых особо охраняемых природных территорий Республики Коми», № государственной регистрации 1021051101424-8-1.6.11;1.6.19;1.6.20. Собранные образцы хранятся в УНУ «Научный гербарий Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO)».

Библиографический список

1. Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми / под ред. С. В. Дёгтевой, В. И. Пономарева. Сыктывкар, 2014. 428 с.
2. Состояние изученности природных ресурсов республики Коми. Сыктывкар, 1997. 200 с.
3. Особо охраняемые природные территории Республики Коми итоги анализа пробелов и перспективы развития. Сыктывкар, 2011. 256 с.
4. Флоры, лишено- и микобиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва») / под ред. С. В. Дёгтевой. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2016. 483 с.
5. Канев. В. А. Флора нижнего течения реки Торговая Национального парка «Югыд Ва» (Республика Коми) // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XIX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2021. С. 21–25.

6. Канев В. А. Материалы к флоре высших сосудистых растений горного массива Тэльпозиз (Национальный парк «Югыд Ва», Северный Урал, Республика Коми) / Ботанико-географические исследования. Камелинские чтения : сб. науч. тр. / под ред. С. А. Овеснова, О. Г. Барановой. Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2019. С. 73–77.
7. Флора Северо-Востока европейской части СССР. Л., 1974. Т. I. 257 с.; 1976. Т. II. 316 с.; 1976. Т. III. 293 с.; 1977. Т. IV. 312 с.
8. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / под ред. Г. С. Розенберга, С. В. Саксонова. СПб. : Мир и семья, 1995. 990 с.
9. Исаченко Т. И., Лавренко Е. М. Ботанико-географическое районирование // Растительность Европейской части СССР. Л. : Наука, 1980. С. 10–20.
10. Леса Республики Коми / под ред. Г. М. Козубова, А. И. Таскаева. М. : Дизайн. Информация. Картография, 1999. 332 с.
11. Красная книга Республики Коми. Сыктывкар : ООО «Коми республиканская типография», 2019. 768 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ г. КРАСНОЯРСКА ПО ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ВЯЗА МЕЛКОЛИСТНОГО

А. А. Горностаева
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
gornostaeva111@mail.ru

В статье представлены данные о флуктуирующей асимметрии вяза мелколистного, для оценки состояния окружающей среды антропогенных территорий г. Красноярска. При использовании индекса стабильности развития выявлена степень загрязнения окружающей среды (очень грязная) в изучаемых районах г. Красноярска.

Ключевые слова: окружающая среда, мониторинг, флуктуирующая асимметрия, вяз мелколистный.

Красноярск – один из крупных городов Сибири. Город расположен на обоих берегах реки Енисей на стыке Западносибирской равнины, Среднесибирского плоскогорья и Саянских гор; в котловине, образованной северными отрогами Восточного Саяна [1].

Город является промышленным центром в нем функционирует ряд предприятий, в том числе металлургической и лесохимической промышленности, теплоэнергетики. На городской территории находятся три мощные ТЭЦ (работающие на каменном угле и относящиеся к 10 основным источникам загрязнения атмосферного воздуха на территории Красноярского края), загрязняющие воздух оксидами азота, сажей, сернистым ангидридом, оксидами углерода, бенз(а)пиреном, пылью, тяжелыми металлами [2]. Предприятия и автомобили – два основных источника загрязнения атмосферного воздуха Красноярска [3].

В данном исследовании применяется метод флуктуирующей асимметрии. Для оценки состояния окружающей среды г. Красноярска, по флуктуи-

рующей асимметрии листовых пластинок вяза мелколистного, проводился отбор проб в районах города Красноярска с разным уровнем антропогенной нагрузки. В исследование были включены территории с низкой, средней и высокой антропогенной нагрузкой. Пробы отбирались в следующих зонах: Промышленная зона – ТЭЦ-2 (т. 1). Рекреационная зона – Парк Троя (т. 2). Селитебная зона – район улицы Декабристов (т. 3) (рис.).

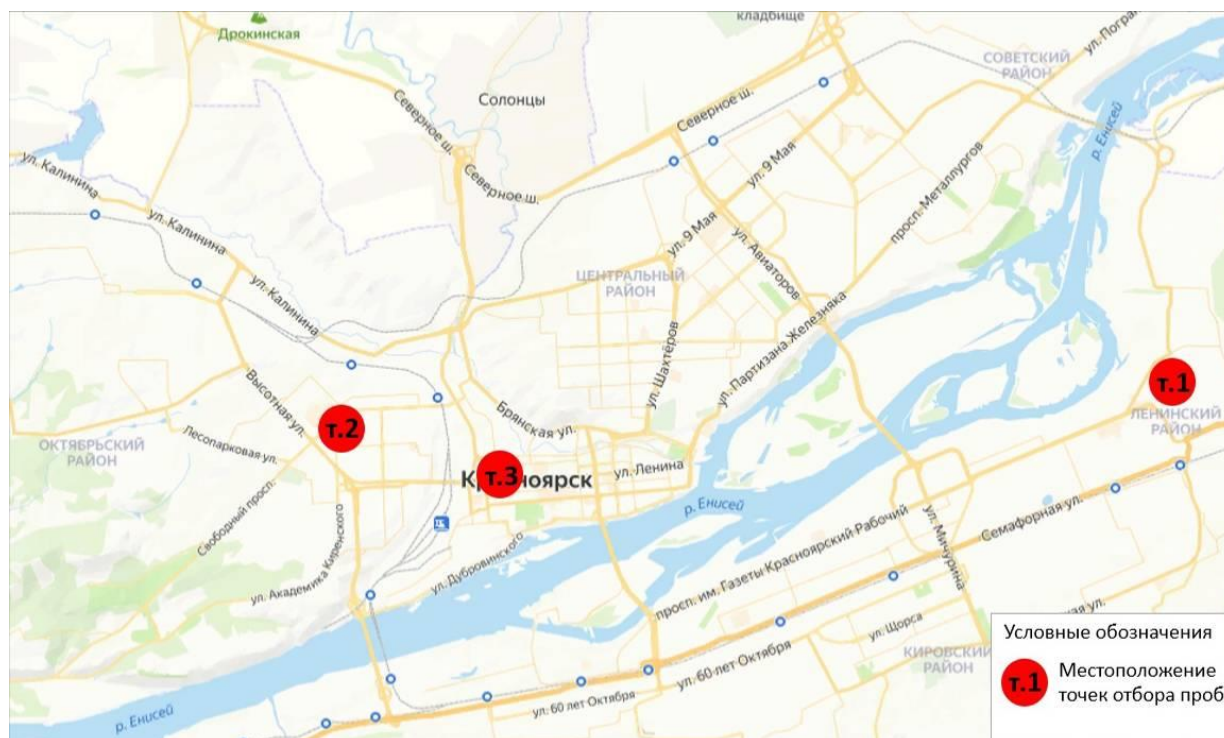


Рис. Карта–схема расположения точек отбора листьев вяза мелколистного на территории Красноярска

Во всех выбранных точках отбора проб имеются насаждения вяза мелколистного. Выборку листьев делали с близрастущих вязов, примерно одного возраста. Сбор включал на каждой площадке по 10 листьев по диаметру кроны на уровне, доступном для ручного сбора, с 10 деревьев. Объем выборки в каждой точке – 100 листьев. Объемы исследуемого материала составили 300 листовых пластинок с 3 площадок.

После сбора листовые пластинки сканировали, затем измеряли параметры электронных изображений листовых пластинок с помощью программы ImageJ. Измеряли стандартный набор из 5 морфологических признаков: ширина половинки листа, длина второй от основания жилки второго порядка, расстояние между основаниями первой и второй жилки второго порядка, расстояние между концами этих жилок, угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка (табл. 1) [5].

Максимальные размеры ширины половинки листа, длинны второй от основания жилки второго порядка, расстояние между концами первой и второй жилки второго порядка, угол между главной жилкой и второй от основа-

ния листа жилкой второго порядка, характерны для рекреационной зоны. Минимальные показатели наблюдаются в селитебной зоне.

Таблица 1

Параметры листовых пластинок вяза мелколистного (лат. *Ulmus pumila*) произрастающего на территории г. Красноярска (2021 г.)

Параметры		Промышленная зона	Рекреационная зона	Селитебная зона
1. ширина половинки листа, мм	л	15,13	18,66	14,69
	п	15,46	17,5	16,15
2. длина второй от основания жилки второго порядка, мм	л	16,21	19,48	15,15
	п	17,45	19,94	15,29
3. расстояние между основаниями первой и второй жилки второго порядка, мм	л	2,72	2,15	1,88
	п	2,98	2,38	1,87
4. расстояние между концами этих жилок, мм	л	7,84	8,34	7,13
	п	7,51	7,99	7,18
5. угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка, °	л	44,67	48,56	44,24
	п	45,52	47,2	45

Для каждого промеренного листа вычисляли относительные величины асимметрии для каждого признака по формуле 1 [4]:

$$|L - R| / |L + R|, \quad (1)$$

где L – морфологический признак левой стороны листа; R – морфологический признак правой стороны листа.

Проявление асимметричного развития растений свидетельствует об изменении состояния природных сред жизни: наземно-воздушной, почвенной, водной. Для оценки качества окружающей природной среды использовали шкалу, предложенную А. Б. Стрельцовым (2003) (табл. 2) [6].

Таблица 2

Оценка качества среды обитания живых организмов по показателям флуктуирующей асимметрии высших растений [6]

Показатель	Шкала, баллы				
	1	2	3	4	5
Значение показателя флуктуирующей асимметрии (береза бородавчатая)	< 0,055	0,0056–0,0060	0,0061–0,065	0,065–0,070	>0,070
Значение показателя флуктуирующей асимметрии (все виды растений)	< 0,0018	0,0019–0,0089	0,0090–0,022	0,0090–0,022	>0,04
Характеристика среды обитания живых организмов	чисто	относительно чисто («норма»)	загрязнено («тревога»)	грязно («опасно»)	очень грязно («вредно»)

Индекс стабильности развития вяза мелколистного, произрастающего на территории г. Красноярска имеет следующие значения (табл. 3).

Таблица 3

Оценка состояния окружающей среды г. Красноярска по индексу стабильности развития вяза мелколистного (лат. *Ulmus pumila*) (2021 г.)

Функциональная зона	Район исследования	Индекс стабильности развития	Состояние среды
Промышленная зона	ТЭЦ-2	0,103	очень грязно («вредно»)
Рекреационная зона	Парк Троя	0,104	очень грязно («вредно»)
Селитебная зона	Агропром	0,107	очень грязно («вредно»)

Все три зоны имеют схожие значения индекса, что свидетельствует о значительном воздействии антропогенного фактора на зеленые насаждения изучаемой территории.

Таким образом, применение метода флуктуирующей асимметрии на примере вяза мелколистного позволило установить (очень грязную) степень состояния окружающей среды изучаемой территории г. Красноярска.

Библиографический список

1. Баженова О. И. Ландшафтно-климатические типы систем экзогенного рельефообразования субаридных районов юга Сибири // География и природные ресурсы. 2006. № 4. С. 57–65.
2. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2020 году». Красноярск, 2021. 337 с.
3. Мучкина Е. Я., Коротченко И. С., Субботин М. А. Древесная растительность в условиях промышленно-урбанизированной территории // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : материалы междунар. науч. конф. Киров : Вятский государственный университет, 2019. С. 38–41.
4. Коротченко И. С., Мучкина Е. Я. Флуктуирующая асимметрия листьев древесных растений в оценке состояния окружающей среды Красноярска : монография. Сиб. федер. ун-т, Ин-т экологии и географии. Красноярск, 2017. 142 с.
5. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов, А. В. Валецкий, Н. Г. Кряжева, Е. К. Чистякова, А. Т. Чубинишвили. Центр экол. политики России. М., 2000. 66 с.
6. Стрельцов А. Б. Региональная система биологического мониторинга на основе анализа стабильности развития : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.16. Москва, 2005. 40 с.

ИЗМЕНЕНИЕ АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХВОИ *PINUS SYLVESTRIS* L. ВБЛИЗИ ШЛАМОХРАНИЛИЩА БОГОСЛОВСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА

Н. В. Лукина, Е. А. Чувашева, Е. И. Филимонова, М. А. Глазырина
Уральский федеральный университет им. первого Президента России
Б. Н. Ельцина, natalia.lukina@urfu.ru

В работе представлены результаты исследования анатомо-морфологических показателей *Pinus sylvestris* L., произрастающей в условиях шламохранилища на Среднем Урале. Установлено, что в экстремальных условиях у *P. sylvestris* происходит уменьшение длины и диаметра хвои вследствие уменьшения диаметра центрального цилиндра и площади мезодермы. Отмечено уменьшение числа смоляных ходов при увеличении их диаметра.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris*, адаптация, анатомия хвои, техногенные экосистемы, шламохранилище.

Ускоренные темпы современного техногенеза оказывают существенное влияние на природные ландшафты. В результате глобального антропогенного воздействия формируется сеть техногенных экотопов, не имеющих природных аналогов [1, 2]. Наибольшую экологическую опасность представляют территории, образованные вследствие добычи и переработки полезных ископаемых. Под воздействием внешних факторов (выветривание, вымывание) частицы отходов с высоким содержанием токсичных веществ вызывают загрязнение плодородного слоя почвы, водных ресурсов, оказывают прямое влияние на растительность [3]. Изучение особенностей экологии различных компонентов экосистем на нарушенных территориях представляет особый интерес, поскольку позволяет выявить специфические приспособительные механизмы, поддерживающие стабильность сообществ и популяций в зоне неблагоприятных экзогенных воздействий [4].

Целью исследования было изучение анатомо-морфологического характеристик *Pinus sylvestris* L., произрастающей в условиях шламохранилища Богословского алюминиевого завода на Среднем Урале.

Шламохранилище Богословского алюминиевого завода (БАЗа), находится в Свердловской области рядом с г. Краснотурьинск (таежная зона, подзона средней тайги).

Климат района умеренно-континентальный. Средняя температура января составляет -15,4 °С; средняя температура июля +15,4 °С. Годовая сумма осадков варьирует от 950 до 980 мм. Рельеф увалистый, образован меридионально вытянутыми понижениями, окаймленными цепью холмов и возвышенностей. Почвы в районе горные подзолистые и горно-дерново-

подзолистые. Растительность характеризуется преобладанием пихтово-еловых и сосновых лесов [5].

Шламохранилище БАЗа относится по происхождению к наливным отвалам перерабатывающей промышленности [6]. Шламовый отвал по форме – чашевидный, высотой до 20 м, занимает площадь 92 га. Красный шлам, складуемый в отвал, – отход глиноземного производства, представляющий собой порошкообразную слабосцементированную массу красно-коричневого цвета. В валовом химическом составе шлама преобладают окислы металлов, большую часть из которых составляют окислы Fe и Al, содержание которых в десятки раз выше, чем в окружающей отвал почве. В нем крайне мало органических веществ, в частности гумуса, N, недостаточное количество подвижных форм P и K [7]. Исследования показали, что шлам – сильнощелочной субстрат (pH=9,1–9,9). Недостаток элементов минерального питания, водный дефицит (физиологическая сухость субстрата), сульфатно-содовое засоление, токсическое действие ионов Al и Fe в щелочной среде делают красный шлам субстратом, крайне неблагоприятным для роста и развития растений [8, 9].

Проведенное ранее изучение некоторых особенностей анатомо-морфологического строения многолетних злаков, выращенных на шламовом отвале Уральского алюминиевого завода, выявило угнетение и поверхностное расположение у них корневой системы и усиление признаков ксероморфизма [10–12].

Детально-маршрутное обследование растительности показало, что на нижних бермах шламохранилища БАЗа преобладает подрост и всходы древесных видов: *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh., *Populus tremula* L., *Salix caprea* L. (sp – cop), *Salix myrsinifolia* Salisb., *Salix phylisifolia* L. (sp). Единично встречаются всходы *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour, *Sorbus aucuparia* L. Травянистые виды угнетены, распределены группами (обилие sol gr – un). Из 28 встреченных на бермах шламохранилища травянистых видов преобладают: *Melilotus albus* Medik., *Buglossoides arvensis* (L.) Johnst., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgaris* L., *Hieracium umbellatum* L., *Tussilago farfara* L., *Saussurea amara* (L.) DC., *Calamagrostis arundinaceae* (L.) Roth, *Festuca rubra* L., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl. Общее проективное покрытие растительностью варьирует от 10 до 30 %.

В качестве объектов исследований выбраны 15 особей *P. sylvestris* 18–20-летнего возраста, произрастающих на нижних бермах шламохранилища. Контрольные образцы *P. sylvestris* были отобраны в опушечной части естественного хвойного леса, расположенного в 2 км на север от г. Краснотурьинска.

Для анатомо-морфологического анализа у деревьев отбирали хвою второго года без видимых признаков повреждений, собранную с нижней трети кроны с южной стороны с помощью секатора.

Растительные образцы фиксировали в 70 % растворе этилового спирта. Для анатомических исследований, из средней части хвои делали поперечные срезы и помещали их в глицерин. Измерения анатомо-морфологических при-

знаков проводили с помощью микроскопа Olympus CX-41 с программным обеспечением, с увеличением окуляра и объектива 10× и 40×. В ходе исследования определяли анатомические и морфологические показатели по общепринятой методике. Статистическая обработка полученных данных выполнена с помощью стандартного пакета программ Microsoft Excel and StatSoft STATISTICA 12. Для выявления статистически значимых различий был использован критерий LSD Фишера при уровне значимости $p < 0,05$.

Анализ морфологических параметров *P. sylvestris*, произрастающей на бермах шламохранилища и в естественном лесу, выявил существенные отличия между опытными и контрольными образцами. В условиях шламохранилища высота 18–20-летних особей *P. sylvestris* варьировала от 0,6 до 1,1 м, а в контроле – от 3,5 до 4,9 м.

Прирост ствола и длина хвои на шламохранилище были достоверно меньше, чем в контроле (рис.).

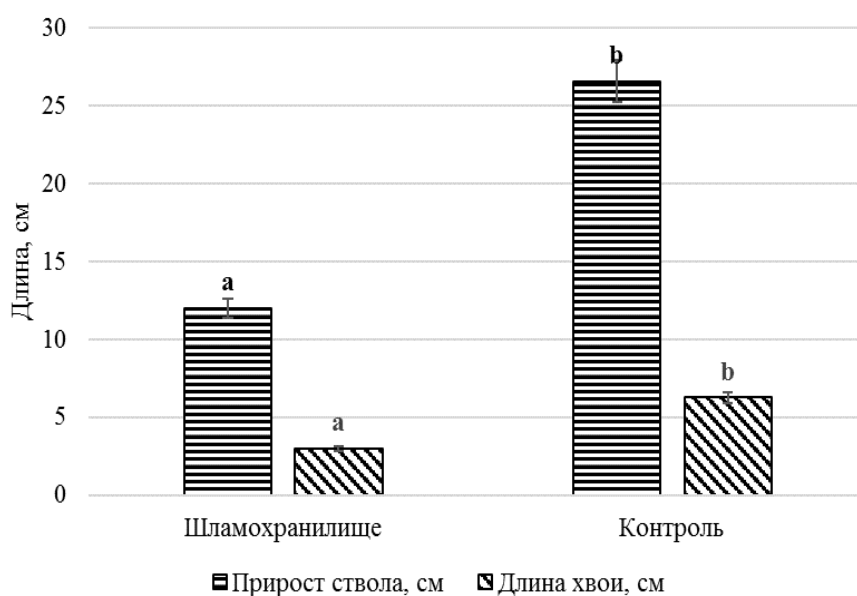


Рис. Значения прироста ствола и длины хвои *P. sylvestris* из исследованных местообитаний: а, b – достоверные различия при уровне $p < 0,05$

Анализ анатомических параметров хвои *P. sylvestris* показал, что в условиях шламохранилища площадь поперечного сечения хвои достоверно уменьшалась в сравнении с контролем. Уменьшение диаметра хвои происходило за счет сокращения площади мезодермы и площади центрального цилиндра (таблица). Исследования показали, что в хвое *P. sylvestris* с шламохранилища площадь мезодермы и центрального цилиндра в 1,5 раза меньше, по сравнению с контролем. Средние значения показателей толщины эпидермы и гиподермы не отличались от контроля. В условиях шламохранилища отмечено изменение смоловыделяющей системы хвои *P. sylvestris*: уменьшение числа смоляных ходов при увеличении их диаметра.

Таблица

Анатомические характеристики поперечного среза хвои *P. sylvestris*

Параметры		Шламохранилище	Контроль
Площадь среза, мм ²	Хср. ± m	0,64 ± 0,01 a	0,93 ± 0,03 b
	lim	0,55–0,73	0,80–1,22
	Cv, %	9,19	13,22
Площадь центрального цилиндра, мм ²	Хср. ± m	0,34 ± 0,01 a	0,50 ± 0,01 b
	lim	0,27–0,44	0,43–0,58
	Cv, %	16,60	9,48
Толщина эпидермы, мкм	Хср. ± m	15,50 ± 0,81 a	16,00 ± 0,66 a
	lim	12,50–20,00	12,50–17,50
	Cv, %	16,65	13,17
Толщина гиподермы, мкм	Хср. ± m	13,75 ± 0,55 a	12,75 ± 0,44 a
	lim	12,50–17,50	12,50–17,50
	Cv, %	12,85	12,94
Число смоляных ходов, шт	Хср. ± m	4 ± 0,30 a	9 ± 0,25 b
	lim	4–6	8–10
	Cv, %	21,90	9,07
Диаметр смоляных ходов, мкм	Хср. ± m	69,09 ± 3,39 a	49,70 ± 1,25 b
	lim	54,00–87,00	43,00–56,00
	Cv, %	15,60	7,99
Суммарная площадь смоляных ходов, мм ²	Хср. ± m	0,016 ± 0,001 a	0,018 ± 0,001 a
	lim	0,013–0,024	0,014–0,026
	Cv, %	26,45	21,21
Площадь мезодермы, мм ²	Хср. ± m	0,24 ± 0,02 a	0,36 ± 0,02 b
	lim	0,10–0,32	0,25–0,55
	Cv, %	27,05	24,25

Примечание: различные буквы в строках, соответствующих одинаковым параметрам, указывают на достоверные различия при уровне $p < 0,05$.

Таким образом, в результате проведенных исследований были выявлены изменения как морфологических, так и анатомических характеристик *P. sylvestris*, произрастающей в условиях шламохранилища Баженовского алюминиевого завода. Установлено достоверное уменьшение ежегодного прироста деревьев. Под влиянием неблагоприятных факторов (недостаток питательных веществ, недостаток воды, щелочная реакция среды) на шламохранилище уменьшались длина и диаметр хвои по сравнению с контролем. В анатомической структуре хвои происходило уменьшение числа смоляных ходов при увеличении их диаметра, уменьшение площади ассимиляционных тканей. Увеличение доли проводящих тканей в хвое со шламохранилища по сравнению с контролем, может рассматриваться как ответная реакция, направленная на повышение устойчивости деревьев в неблагоприятных условиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения государственного задания УрФУ FEUZ-2020-0057.

Библиографический список

1. Сравнение урбанофлор различных природно-климатических зон методом факторного анализа / В. К. Тохтарь, О. В. Фомина, А. Н. Петин, М. В. Шевера, Л. М. Губарь // Проблемы региональной экологии. 2009. № 1. С. 27–30.
2. Экологический мониторинг в районах угледобычи / Ю. А. Манаков, А. Н. Куприянов, Т. О. Стрельникова, В. И. Уфимцев, О. А. Куприянов, М. М. Силантьева, А. Ю. Гребенникова, К. С. Голохваст, С. В. Лукьянцев; отв. ред. А. Н. Куприянов. Новосибирск : Академическое изд-во «ГЕО», 2017. 208 с.
3. Водолеев А. С., Андроханов В. А., Клековкин С. Ю. Организационные и технологические альтернативы рекультивации техногенно нарушенных земель // ЭКО-бюллетень ИнЭКА. 2008. № 4 (129). С. 26–27.
4. Жигальский О. А. Оценка биологического разнообразия лесных экосистем Урала // Вестник Удмурдского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2011. Вып. 3. С. 13–22.
5. Шакиров А. В. Физико-географическое районирование Урала. Екатеринбург : УрО РАН, 2011. 617 с.
6. Тарчевский В. В. Классификация промышленных отвалов // Растительность и промышленные загрязнения : Охрана природы на Урале. Свердловск : РИСО УФАИ СССР, 1970. Вып. 7. С. 84–89.
7. Экологические основы и опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель / Т. С. Чибрик, Н. В. Лукина, Е. И. Филимонова, М. А. Глазырина. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2011. 286 с.
8. Микоризообразование травянистых видов в условиях техногенных эдафотопов / Н. В. Лукина, Т. С. Чибрик, Е. И. Филимонова, М. А. Глазырина // Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19 №3. С. 871–874.
9. Шилова И. И., Логинова Н. Б. Экологическая специфика отвалов предприятий цветной металлургии и оценка возможности создания на них культурфитоценозов // Растения и промышленная среда. Свердловск : УрГУ, 1974. С. 45–55.
10. Дробиз Ф. Д., Мельникова Э. И., Шилова И. И. Содержание железа и алюминия в растениях, выращенных на красном шламе // Растения и промышленная среда. Свердловск : УрГУ, 1970. С. 180–189.
11. Половова М. А., Шилова М. И. Некоторые морфолого-анатомические особенности многолетних злаков, выращенных на шламовом отвале Уральского алюминиевого завода // Растения и промышленная среда. Свердловск : УрГУ, 1970. С. 161–173.
12. Шилова И. И. Корневые системы многолетних злаковых растений в условиях шламового отвала Уральского алюминиевого завода // Растения и промышленная среда. Свердловск : УрГУ, 1970. С. 129–152.

СОСНА ОБЫКНОВЕННАЯ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА

А. И. Лемешевский
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
alexsidizet@gmail.com

В работе представлены данные по ряду параметров сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), произрастающей на территории г. Красноярска в ре-

креационной зоне. Рассмотрены характеристики длины побегов и охвоенности деревьев.

Ключевые слова: урбанизированная территория, мониторинг, сосна обыкновенная, рекреационная зона.

Воздействие хозяйственной деятельности диктует необходимость оценки состояния окружающей среды. В качестве индикаторов степени антропогенной нагрузки используются организмы различного уровня организации: одноклеточные, многоклеточные, животные, грибы, растения. Важными компонентами биоты являются древесные растения, которые в течение всего периода жизни располагаются на одном месте. Их состояние отражает накопленный эффект воздействия ряда факторов [1]. С целью оценки состояния пригородных рекреационных зон Красноярска целесообразно использовать представителей хвойных пород [2].

Исследовали две рекреационные зоны г. Красноярска (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика мониторинговых площадей

Участок	Координаты МПП	Состав древесных и кустарниковых пород	Характеристика участка
1 – От поселка «Удачного» по Собакиной речке	55,986986°; 92,664103°	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Пригородная зона г. Красноярска на левом берегу р. Енисей
2 – Гремячая грива, Визит-центр № 2	55,996567°; 92,736101°	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Точка расположена вблизи входа в эко-парк «Гремячая грива». Вблизи места отбора проб много прогулочных дорожек

По данным Государственного доклада «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2020 г.» атмосферный воздух г. Красноярска характеризуется ИЗА₅ – 7-13. Это соответствует высокому уровню загрязнения [3]. В почвенном покрове при этом накапливается значительное количество токсикантов [4, 5].

Красноярск находится в зоне умеренного резко-континентального климата. В насаждениях г. Красноярска присутствует ряд хвойных пород [6]. В данной работе использованы материалы изучения сосны обыкновенной.

Рекреационные зоны Красноярска активно посещаются населением, которое совершает прогулки, сбор ягод, грибов как в специально организованных местах (природные парки), так и в пригородных лесных массивах.

Отбор материала включал сбор побегов 3-х летнего возраста на доступном уровне, с северной стороны деревьев. После сбора хвоя отделялась от побега, считалось ее количество, измерялась длина побега.

Данные по длине побегов сосны обыкновенной в районе пос. Удачный представлены в таблице 2.

Таблица 2

Длина побегов сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), произрастающей на территории пригорода г. Красноярска (р-н пос. Удачный)

№ дерева	Длина побега, мм		Хср, мм	Хср±m, мм
	Min	Max		
1 год (2020)				
1	19	60	39,5	20,5
2	20	48	34	14
3	22	27	24,5	2,5
4	15	35	25	10
2 год (2019)				
1	22	40	31	9
2	18	46	32	14
3	20	44	32	12
4	31	36	33,5	2,5
3 год (2018)				
1	30	56	43	13
2	21	36	28,5	7,5
3	19	20	19,5	0,5
4	30	45	37,5	7,5

Анализ средних величин для всех деревьев площадки показал, что наибольшей длиной отличались побеги первого (2020) года, наименьшей длиной – побеги второго (2019) года. Минимальное значение длины побегов первого (2020) года составляли – 15 мм, второго (2019) года – 18 мм, третьего (2018) года – 19 мм. Максимальное значение длины побегов первого года составляли 60 мм, побегов второго года – 46 мм, побегов третьего года – 43 мм.

Побеги сосны в районе природного парка «Гремячая грива» имели большую длину, чем в районе пос. Удачный, что проявилось во всех обследованных деревьях. Данные по длине побегов сосны обыкновенной первого, второго и третьего годов, произрастающие на территории природного парка «Гремячая грива» представлены в таблице 3.

Таблица 3

Длина побегов сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), произрастающей на территории пригорода г. Красноярска (природный парк «Гремячая грива»)

№ дерева	Длина побега, мм		Хср, мм	Хср±m, мм
	Min	Max		
1	2	3	4	5
1 год (2020)				
1	25	45	35	10
2	39	39	39	0
3	68	68	68	0
4	38	38	38	0
2 год (2019)				
1	22	34	28	6
2	47	47	47	0

1	2	3	4	5
3	57	57	57	0
4	60	60	60	0
3 год (2018)				
1	16	23	19,5	3,5
2	44	44	44	0
3	51	51	51	0
4	29	29	29	0

Сравнивали среднее значение побегов каждого года. Длина побегов первого (2020) года – 51,5 мм превышала длину побегов второго (2019) – 44,0 мм и третьего (2018) года – 32,8 мм.

Сведения о степени охвоенности изучаемого объекта включают следующее: в р-не пос. Удачный максимальные величины числа хвоинок отмечены для побегов первого (2020) года. Расчет средних значений для обследованных деревьев на площадке показал наиболее высокую степень охвоенности у побегов первого (2020) года – 29,8 мм, со снижением у побегов второго (2019) – 25,7 мм и третьего (2018) года – 21,5 мм.

Количество хвоинок на побегах сосны, произрастающей в природном парке «Гремячая грива» было выше, чем у деревьев района пос. Удачный. Среднее значение для всех деревьев по количеству хвоинок наиболее высокими были у побегов первого (2020) года – 51,5 мм. У побегов второго (2019) года число хвоинок составляло – 44,0 мм, у побегов третьего (2018) года – 38,5 мм.

Таким образом, выявлено, что по таким показателям, как длина побегов первого, второго и третьего года сосны обыкновенной и степени их охвоенности, деревья, произрастающие в районе природного парка «Гремячая грива» имели более благоприятные условия, чем в р-не пос. Удачный. Соответственно плановое создание прогулочных троп не оказывает негативного воздействия на произрастающих представителей сосны обыкновенной, что подтверждено нашими данными.

Библиографический список

1. Коротченко И. С., Мучкина Е. Я. Флуктуирующая асимметрия листьев древесных растений в оценке состояния окружающей среды Красноярска. Красноярск : СФУ, 2017. 144 с.
2. Мучкина Е. Я., Коротченко И. С., Субботин М. А. Древесная растительность в условиях промышленно-урбанизированной территории // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : материалы междунар. науч. конф. Киров : Вятский государственный университет, 2019. С. 38–41.
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2020 году». Красноярск, 2021. 337 с.
4. Тяжелые металлы в почвенном покрове и древесных растениях урбанизированной территории / С. Э. Бадмаева, Е. Я. Мучкина, А. С. Подлужная, Ю. В. Бадмаева. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2021. 166 с.

5. Анализ распределения подвижных форм тяжелых металлов в почвенном покрове промышленно урбанизированной территории г. Красноярска / Е. Я. Мучкина, С. Э. Бадмаева, И. С. Коротченко, К. С. Горлушкина // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24, № 4. С. 66–71. doi: 10.18412/1816-0395-2020-4-66-71

6 Сунцова Л. Н., Иншаков Е. М., Козик Е. В. Оценка жизненного состояния насаждений общего пользования г. Красноярска // Вестник КрасГАУ. 2010. № 4 (43). С. 69–73.

БИОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНЕ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «ДЕНДРОПАРК ЛЕСОВОДОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ»

М. М. Подлевских¹, Л. В. Кондакова^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, stud106833@vyatsu.ru*

² *ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН*

Дендрологический парк находится в черте промышленной агломерации гг. Кирова – Кирово-Чепецка. На состояние природной среды парка оказывает влияние эмиссия загрязняющих веществ от автотранспорта, предприятий и ближайших жилых комплексов и антропогенная нагрузка. [1]

Ключевые слова: рекреационное воздействие, биоиндикационная оценка экологического состояния.

В системе факторов, воздействующих на растительный покров и вызывающих антропогенные его трансформации, важное место занимает рекреационное использование ландшафтов. Экосистемы испытывают негативное влияние при любом виде рекреационного воздействия на почвы и растения. Рекреационное воздействие на настоящий момент является одним из самых значительных по интенсивности антропогенных факторов, действующих в лесопарковых зонах, лесополосах и пригородных лесных экосистемах [2]. Интенсивная рекреация на территории леса приводит к уменьшению видового разнообразия сообщества, снижению его устойчивости, повышению степени экологического риска для всех компонентов окружающей среды: растительности, почвы, воды и воздуха.

Целью работы являлась оценка влияния рекреационной нагрузки на пригородные лесные экосистемы на территории дендрологического парка лесоводов Кировской области.

Дендрологический парк лесоводов Кировской области является памятником природы регионального значения [3]. Парк испытывает большую рекреационную нагрузку, отягощенную увеличением потока отдыхающих в связи с активной и плотной застройкой Нововятского района города Кирова и окрестностей парка (рис.).

Наблюдения и отбор проб проводились в период с октября 2020 по май 2021 гг.



Рис. Дендрологический парка лесоводов Кировской области

Для оценки экологического состояния лесных сообществ использованы следующие методики: сосна в качестве тест-объекта в экологических исследованиях; флуктуирующая асимметрия древесных растений как тест – система оценки качества среды; оценка качества атмосферного воздуха методом лишеноиндикации [4]. При оценке территории методом флуктуирующей асимметрии выборку листьев березы производили с нескольких близко растущих деревьев на площади $10 \times 10 \text{ м}^2$ или на аллее длиной 30–40 м [2].

Для оценки проективного покрытия лишайниками стволов деревьев было обследовано около 100 деревьев-форофитов, представленных породами: береза повислая (*Betula pendula*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), лиственница европейская (*Larix decidua*), тополь (*Populus* sp.).

На участке исследования выявлена эпифитная лишенофлора: пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*), ксантория настенная (*Xanthoria parietina*), фисция звездчатая (*Parmelia stellaris*), эверния мезоморфная (*Evernia mesomorpha*), гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes*), анаптихия реснитчатая (*Anaptychia ciliaris*).

Степень покрытия лишайниками древесных пород представлена в таблице 1.

Таблица 1

Процент проективного покрытия лишайниками стволов деревьев

Вид	Расположение	Процент покрытия
1	2	3
Береза повислая (<i>Betula pendula</i>)	вдоль вытопанных дорожек	49,5%
Береза повислая (<i>Betula pendula</i>)	вдали от вытопанных дорожек	48,9%
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	вдоль вытопанных дорожек	34,1%
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	вдали от вытопанных дорожек	44,8%
Лиственница европейская (<i>Larix decidua</i>)	вдоль вытопанных дорожек	28,8%;

Окончание таблицы 1

1	2	3
Лиственница европейская (<i>Larix decidua</i>)	вдали от вытоптанных дорожек	27,1%
Тополь (<i>Populus</i> sp.)	вдоль вытоптанных дорожек	34,7%
Береза повислая (<i>Betula pendula</i>)	на территории дендрологического парка	48,1%
Тополь (<i>Populus</i> sp.)	на территории дендрологического парка	28,3%
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	на территории дендрологического парка	28,3%

Согласно лишеноиндикационной оценке, загрязнение воздуха на исследуемой территории умеренное. Биотический индекс равен 4, что соответствует молярной концентрации оксида серы (IV) 0,05–0,1 мг/м³.

Продолжительность жизни хвои сосны обыкновенной составляет 2,5–3 года. Класс повреждения хвои – II (табл. 2). Следовательно, воздух можно считать чистым.

Таблица 2

Характеристики собранной хвои

Показатель	Значение
Среднее значение класса повреждения хвои сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i>) на побегах второго года жизни	1,5 – II класс повреждения
Среднее значение класса усыхания хвои сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i>) на побегах второго года жизни	1,45 – II класс усыхания

Для оценки экологического состояния воздушной среды на территории дендропарк проводили по величине флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой. Для оценки степени нарушения природной среды использовали пятибалльную шкалу, представленную в таблице 3.

Таблица 3

Бальная система качества среды обитания живых организмов по показателям флуктуирующей асимметрии высших растений

Виды	Балл				
	1	2	3	4	5
Береза повислая (<i>Betula pendula</i>)	< 0,055	0,056–0,060	0,061–0,065	0,065–0,070	> 0,070

Из таблицы 4 следует, что коэффициент флуктуирующей асимметрии равен – 0,05939, что попадает в область 0,056–0,060 и соответствует 2 баллу. Следовательно, на исследуемом участке относительно чистая среда обитания.

Из таблицы 4 следует, что коэффициент флуктуирующей асимметрии равен – 0,05939, что попадает в область 0,056–0,060 и соответствует 2 баллу. Следовательно, на исследуемом участке относительно чистая среда обитания.

**Флуктуирующая асимметрия листьев березы повислой
(*Betula pendula*)**

Объект	Коэффициент флуктуирующей асимметрии	Стабильность развития в баллах	Качество среды
Береза повислая (<i>Betula pendula</i> Roth.)	0,05939	2	относительно чисто («норма»)

Выводы: 1. Лихеноиндикационная оценка состояния атмосферного воздуха Дендрологического парка показала, что молярная концентрация оксида серы (IV) лежит в диапазоне от 0,05–0,1 мг/м³. Воздух умеренно загрязнен.

2. Оценка рекреационной нагрузки методом сосна в качестве тест-объекта показала, что на данном участке II класс повреждения хвои на побегах второго года жизни. Воздух можно считать чистым.

3. Метод флуктуирующей асимметрии показал, что на исследуемом участке относительно чистая среда обитания.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги».

Библиографический список

1. Мальцева С. А., Кондакова Л. В. Биоиндикационная оценка территории дендрологического парка лесоводов Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодежи. Кн. 2. Киров, 2007. С. 37.
2. Егоров А. Г., Попова О. А. Общие закономерности изменений растительности под действием рекреационных факторов. Деп. в ВИНТИ 29.11.1996. № 34080. 18 с.
3. Постановление от 28 декабря 2009 г. № 35/530 Об объявлении Дендрологического парка лесоводов Кировской области памятником природы регионального значения [Электронный ресурс]. – URL: <http://oort.aari.ru/doc> (дата обращения: 12.03.2022).
4. Биологический контроль окружающей среды / под ред. О. П. Мелехова. М. : «Академия», 2007. 288 с.

**АЭРОПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА ТЕРРИТОРИИ
ГОРОДА КИРОВА**

И. А. Жуйкова, Д. С. Лалетин

Вятский государственный университет, Zhuikova@yandex.ru

В статье представлен опыт проведения аэропалинологических исследований для оценки качества воздушной среды г. Кирова. Были выявлены основные аллергены, показаны пиковые значения аллергенов в воздушной среде г. Кирова в 2019 и 2020 гг.

Ключевые слова: аэропалинология, аэропалинологический спектр, пылевой дождь, воздушная среда, поллиноз, поллютанты.

Комплексный экологический мониторинг включает в себя мониторинг различных сред и объектов для оценки их фактического уровня загрязнения и предупреждения о создающихся критических ситуациях, вредных для здоровья людей и других живых организмов. Одной из важных для человека сред является воздушная, которая достаточно динамична и может переносить различные загрязнители на большие расстояния.

Изучение качественных и количественных показателей аэропалинологического спектра (АПС) лежит в основе экологического мониторинга атмосферы и тесно связано с прикладными проблемами аллергологии и иммунологии. В лесах умеренного пояса к анемофильным растениям ним относятся около 20% видов. Широко представленные в растительном покрове внетропической суши ветроопыляемые растения, имеют пыльцу средних размеров – 10–30 (60) мкм [1], что позволяет переносить ее на большие расстояния. Методические работы по исследованиям дальности заноса пыльцы ветром [2-4], доказывают, что пыльца *Alnus fruticosa* может переноситься на 300-500 км, пыльца *Betula pubescens* на 600-1000 км, пыльца *Pinus sylvestris* – более 1000 км. Кроме этого и споры грибов, благодаря ничтожно малым величине и массе легко подхватываются восходящими потоками воздуха и ветром. Пыльца отдельных таксонов анемофильных растений (злаки, осока, береза, бук, крапива) может выступать достаточно сильным аллергеном, что провоцирует развитие поллинозов у населения.

Особое значение аэропалинологические исследования приобрели в последние годы, что связано с повсеместным ростом числа заболеваний, вызванных аэроаллергенами. В России распространенность аллергического ринита, который является одним из проявления поллинозов, составляет в среднем 9,8-10,4%, в то время как в Новосибирске достигает 22,5-29,6%, в Иркутской области – 14,8-8,6%, в Ижевске – 21-23%, в Кирове - 28% [5]. Пыльцевые зерна, благодаря наличию в их составе специфических белков-аллергенов, могут служить причиной аллергических заболеваний человека и животных.

За последние годы появились и функционируют различные сайты и сервисы, которые представляют информацию и позволяют узнать о пылении различных аллергенов. Среди них можно отметить: Allergotop (8 городов РФ), Pollen club, My allegro, Silam, Pollen.info, Pollen Patrol, Allergy Pollen Count (США), Яндекс погода/пыльца. Представление информации на этих ресурсах различно, а часть сервисов представляет картографическую информацию и моделирует движение пыльцы в атмосфере на 5 дней. На основе анализа данных можно отметить, что пылевой мониторинг проводится только в некоторых городах России (Москва и МО, Санкт-Петербург, Ставрополь, Екатеринбург, Рязань, Сочи, Тюмень, Новосибирск) и этого явно недостаточно для охвата территории России. Масштабные исследования по определению кон-

центрацию пыльцы в воздухе были организованы в Барнауле, Иркутске, Нижнем Новгороде, Москве, Перми, Пятигорске, Санкт-Петербурге и Смоленске [6]. Но этого явно недостаточно, если сравнить с Европейской аэробиологической сетью (EAN), насчитывающей более 500 станций мониторинга.

С целью выявления основных видов пыльцы, составляющих «пыльцевой дождь» в городе Кирове, были проведены аэропалинологические исследования в сезон 2019 и 2020 гг.

Методика исследований. Отбор проб осуществлялся в городской черте АО г. Киров, согласно существующей методике [7]. Для улавливания пыльца были использованы гравитационные ловушки, когда взвешенные в воздухе частицы осаждаются под действием силы тяжести на горизонтальную поверхность. В качестве улавливающей поверхности были использованы предметные стекла, которые экспонировались на протяжении 24 часов и менялись ежедневно в одно и то же время, и таким образом, каждое стекло соответствовало одним суткам наблюдений. Процесс определения и подсчета пыльцы проводился с использованием биологического бинокулярного микроскопа.

Таксономическая принадлежность пыльцы и спор, попавших в поле зрения, определялась путем сравнения с имеющимися микрофотографиями и описаниями из атласов пыльцы и спор [8, 9] и иллюстрированная база данных Университета Вены «PalDat» [10].

На протяжении вегетационного периода 2019 и 2020 гг. в пределах городской черты был проведен сбор пыльцы на высоте 10-12 метров от земной поверхности. За исследуемый период аэропалинологического мониторинга, было отобрано 90 проб (2019 г.) и 108 проб (2020 г.).

В пробах 2019 года в воздушной среде г. Кирова была обнаружена пыльца 9 основных таксонов: береза (сем. Betulaceae), сосна (сем. Pinaceae), ель (сем. Pinaceae), злаки (сем. Poaceae), ива (сем. Salicaceae), ольха (сем. Betulaceae), бобовые (сем. Fabaceae), фацелия (сем. Hydrophyllaceae), лещина (сем. Betulaceae). Для 2020 года можно выделить 7 основных таксонов: береза (сем. Betulaceae), ель (сем. Pinaceae), злаки (сем. Poaceae), ива (сем. Salicaceae), тополь (сем. Salicaceae), клен (сем. Sapindaceae), вяз (сем. Ulmaceae).

Нужно отметить, что в течение большей части сезона в воздухе преобладала (до 67%) пыльца березы (*Betula pendula* и *Betula pubescens*) – одного из самых главных аллергенов лесной зоны, вызывающий симптомы поллиноза. Это согласуется с исследованиями для Республики Коми, где лидирующую позицию в этиологической структуре пыльцевой аллергии занимают аллергены березы (54,6%)

В сезон 2019 г. пик цветения *Betula pendula*, цветение которой приходится на апрель – май, одновременно с распусканием листьев, пришелся на первую декаду мая. Максимум содержания пыльцы в образцах отмечен 5 мая, с последующим постепенным снижением интенсивности пыления растения.

В 2020 г. первая пыльца *Betula pendula* была обнаружена в образце, датированном 22 апреля (с 15 по 30 апреля было обнаружено всего 14 пыльцевых

зерен сем. Betulaceae), что говорит о дальнем заносе пыльцы в регион. Количество пыльцы начало постепенно увеличиваться с 3 мая. Пик содержания пыльцы березы в образцах отмечен 8 мая.

На основе усреднения и анализа, полученных за два сезона данных, был проведен качественный и количественный анализ состава пыльцевого дождя для города Кирова. На протяжении вегетационного сезона 2019 и 2020 гг., были зафиксированы три пика продуцирования пыльцы.

Первый период пыления пришелся на период первой декады мая (с 6 по 10 мая). В этот период основным аллергеном являлась пыльца семейства Betulaceae (Березовые). Второй период пыления был зарегистрирован в период с 28 мая до 4 июня, главным возбудителем поллиноза в этот период являлась пыльца семейства Pinaceae (Сосновые). Последний, третий пик пыления был зафиксирован в конце июня и был вызван активным пылением растений семейства Poaceae (Злаковые) и Picea (Сосновые). Таким образом главными возбудителями поллиноза на территории города Кирова можно назвать растения принадлежащие к семействам Betulaceae, Pinaceae, Salicaceae, Poaceae.

При изучении динамики содержания пыльцевых зерен различных таксонов в воздухе выявлено наличие наложения в первой декаде мая максимальной концентрации пыльцы двух таксонов в воздухе – березы и ивы.

Результатом анализа пыльцевого дождя стало составление календаря пыления для г. Кирова, который отражаем все фазы пыления основных таксонов растений. При исследовании качественного и количественного состава пыльцевого спектра воздушной среды города Кирова в 2019-2020 годах было выявлено, что доминирующее положение в пыльцевых спектрах изучаемой территории занимает аллергенная пыльца (до 90%), а именно аллергенная пыльца древесных растений.

Абиотические частицы (пыльца и споры грибов), влияющие на качество жизни людей и вызывающие аллергические заболевания, могут рассматриваться сегодня как источники загрязнения, а их мониторинг должен проводиться на постоянной основе в рамках аэробиологических исследований в большинстве промышленных городов РФ.

Библиографический список

1. Сладков А. Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. М. : Наука, 1967. 275 с.
2. Куприянова, Л. А. Исследование пыльцы и спор с поверхности почвы из высокоширотных районов Арктики // Ботанический журнал. 1951. Вып. 3. С. 258-269.
3. Фёдорова Р. В. Количественные закономерности распространения пыльцы древесных пород воздушным путем // Труды АН СССР, 1952. Вып. 77. С. 145-156.
4. Тихомиров Б. А. Данные о заносе пыльцы древесных пород к северу от лесной границы // Докл. АН СССР. 1950. 71. № 4. С. 753-755.
5. Нестерова А. В., Потатуркина-Нестерова Н. И., Нестеров А. С. Современное состояние проблемы аллергического ринита у детей // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. [Электронный ресурс]. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22299> (дата обращения: 30.03.2022).
6. Ненашева Г. И. Аэропалинологический мониторинг аллергенных растений г. Барнаула. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2013. 132 с.

7. Принципы и методы аэропалинологических исследований / Н. Р. Мейер-Меликян, Е. Э. Северова, Г. П. Гапочка, С. В. Полева, П. И. Токарев, И. Ю. Бовина. М., 1999. 48 с.
8. Дзюба О. Ф. Атлас пыльцевых зерен (неацетолизированных и ацетолизированных), наиболее часто встречающихся в воздушном бассейне Восточной Европы. М. : «Никома», 2005. 70 с.
9. Курманов Р. Г. Пыльцевой атлас. Уфа : Гилем, Башк. энцикл., 2013. 304 с.
10. Палинологическая база данных [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.palдат.org> (дата обращения: 20.11.2021).

АЭРОПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК УСЛОВИЕ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА РАЗВИТИЯ АЛЛЕРГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У НАСЕЛЕНИЯ

***М. В. Манжос¹, Н. В. Власова², К. С. Мазоха¹,
Л. М. Кавеленова², Л. Р. Хабибулина¹***

¹ Самарский медицинский институт «РЕАВИЗ», kinel@mail.ru

² Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева, nwlasova@mail.ru

Представлены результаты многолетнего аэропалинологического мониторинга воздуха г. Самары. Указаны ведущие источники пыльцы, обсуждается их изменчивость внутри сезонов и по годам. Показано участие спор *Alternaria* и *Cladosporium* в формировании пула аэроаллергенов. Представлен календарь пыления и спорообразования для г. Самары.

Ключевые слова: аэропалинологический мониторинг, пыльцевые зерна, споры грибов, *Alternaria*, *Cladosporium*, календарь пыления

Аэропалинологический (аэропалиноспоровый) мониторинг представляет собой специфическое направление в экологическом мониторинге окружающей среды и связан с выявлением в воздухе источников аэроаллергенов, среди которых преобладают пыльца и споры высших растений и споры низших грибов [1]. Опыт проведения этой работы на регулярной основе, в соответствии со стандартизированными методами, организован в ряде стран мира [2]. Задача развития специализированной аэропалинологической сети наблюдений в рамках экологического мониторинга для нашей страны сохраняет свою остроту, хотя для отдельных городов накоплена обширная информация [3, 4], а в Москве и Московской области, Санкт-Петербурге, Ставрополе, Сочи, Тюмени, Екатеринбурге, Рязани ведется регулярный пыльцевой мониторинг [5].

В ходе аэропалинологического мониторинга проводится выявление регионально значимых ведущих аллергенных таксонов – участников формирования пыльцевого дождя, анализ их динамики в различных географических и климатических условиях, эколого-медицинская оценка влияния на здоровье

человека. На территории Самарской области, высоко индустриализованного и урбанизированного региона, осуществляется переход от лесостепных к степным ландшафтам, что определяет участие различных древесных и травянистых растений в формировании пула пыльцевых зерен в воздухе. Присутствуют разнообразные субстраты для роста плесневых грибов в виде сельскохозяйственных культур, растений природной флоры и рудерантов, масс органических остатков.

Все это определило значимость организации аэропалинологического мониторинга для Самары, целями которого было выявление компонентов регионального пыльцевого дождя, оценка их количественных уровней и изменчивости, составление календаря пыления и спорообразования для Самарского региона.

Аэропалинологические исследования проводились в вегетационный период (в период с 1 апреля по 30 сентября 2015–2020 гг., 2013–2021 гг. на двух модельных площадках внутри городской территории (Ленинский и Советский районы). Пыльцу улавливали волюметрическим методом с помощью ловушки-импактора оригинальной конструкции, через которую прокачивался воздух в течение 25 мин со скоростью 10 л/минуту, на предметные стекла, покрытые смесью вазелина и воска. Импактор устанавливался на высоте 10 м над уровнем земли. В полученных препаратах подсчитывали пыльцевые зерна и определяли их принадлежность к различным систематическим группам. В дальнейшем определялось содержание пыльцевых зерен в 1 м³. При составлении календаря пыления сведения о количественном содержании пыльцы усредняли за декаду [6]. Значимость различий для частотных показателей анализировали с помощью таблиц сопряженности с помощью критерия χ^2 , точного критерия Фишера. Полученные данные обрабатывали с применением пакета прикладных программ AtteStat, версия 10.5.1., статистических формул программы Microsoft Excel версия 5.0.

Анализ первичных результатов наших аэропалинологических исследований для условий г. Самары показал, что присутствие пыльцы различных таксонов было приурочено к определенным срокам внутри вегетационного периода, не вполне совпадая с периодами собственно цветения аэрофильных растений (пыления). Это связано с привнесением ветрами пыльцы из сопредельных с Самарской областью территорий. Эту ситуацию мы выявляли в форме присутствия на препаратах небольшого числа пыльцевых зерен аэрофильного таксона в отдельные дни до периода их массового присутствия (начала волн пыления), примером такого явления служат сосновые, береза, злаки. Для березы и сосновых отдельные пыльцевые зерна обнаруживались и после завершения периода пыления, что связано со вторичным поступлением в воздух пыльцевых зерен, ранее осажденных на дорожных и уличных покрытиях, почве, крышах зданий и др.

Численность как пыльцы, так и спор различных таксонов существенно варьировало от года к году. Для пыльцы высших растений в воздухе г. Самары было зарегистрировано три периода нарастания концентрации пыльцы:

два основных и один промежуточный. Данные особенности пыления растений характерны для многих регионов России, однако каждый период отличается доминирующими таксонами и концентрацией пыльцы, характерными для конкретной местности.

Первая волна пыления (весенняя) связана с пылением древесных растений, доминировали пыльцевые зерна тополей, березы, ясеня, кленов, вязов, ив. Вторая волна пыления определяется присутствием в воздухе пыльцы сосновых (сосна, пихта и лиственница), злаковых культур, березы, осоки. Удельный вес пыльцевых зерен злаков составляет от 3,3% (2015 г.) до 15,3% (2014 г.) от общего количества пыльцевых зерен травянистых растений. Для региона характерно раннее пыление злаков – 4–7 мая. Третья волна палинации характеризуется пылением сорных трав (амброзии, полыни и маревых). Основным таксоном в этот период является амброзия, которая является главным продуцентом пыльцы с июля до конца вегетационного периода. Удельный вес пыльцевых зерен амброзии в пуле пыльцы колеблется от 24,6% (2021 г.) до 74,4% (2016 г.) от общего количества пыльцевых зерен травянистых растений. Их присутствие регистрируется в умеренных концентрациях в первой декаде июля, а со второй декады июля по первую декаду сентября отмечаются в воздухе в очень высоком количестве (420 п.з./м³). Размеры пыльцевых зерен амброзии мельче, чем у других растений – 15–22 мкм, что позволяет им проникать глубоко в нижние дыхательные пути, провоцируя развитие бронхальной астмы. Для региона характерно доминирование пыльцевых зерен амброзии над количеством пыльцы полыни.

В ходе аэропалинологического исследования были выявлены споры грибов рода *Alternaria* (17,9%) и *Cladosporium* (19,4%) ($p=0,7081$), составляющие 1/3 от общего числа спор в атмосферном воздухе г. Самары. Споры различных плесневых грибов определялись в атмосферном воздухе г. Самары на протяжении всего периода вегетации.

Для *Cladosporium* за время наблюдения преобладали периоды, когда численность спор в воздухе не превышала 100 спор/м³ (123–140 дней). Более вариабельны были периоды с отсутствием спор (11–27 дней) и определение спор в количестве 500–1000 на кубический метр (от 20 до 35 дней). Пороговый уровень для *Cladosporium* (3000 спор/м³), указанный в литературе, был превышен только в 2015 году, число таких дней было три. Это свидетельствует об отсутствии условий для появления симптомов ринита и астмы у пациентов, имеющих сенсibilизацию к *Cladosporium*, и позволяет констатировать, что грибы рода *Cladosporium* не являются значимым источником аллергенов для Самарского региона.

При одной и той же продолжительности вегетационного периода (183 дня) число дней с «опасными» концентрациями спор грибов рода *Alternaria* (более 100 спор в м³), способными вызывать аллергические заболевания у предрасположенного населения, варьировало от 25 (2017 г.) до 65 дней (2015 г.). Для спор *Alternaria* сезонная динамика характеризовалась несимметричностью и подъемом от минимума в апреле к максимуму в авгу-

сте. Максимальное число спор грибов рода *Alternaria* в атмосферном воздухе наблюдалось в июле, августе и сентябре – в период пыления в регионе полыни и амброзии, в связи с этим аллергия к плесневым грибам может протекать под маской поллиноза или сопутствовать ему.

По результатам аэропалинологического мониторинга в соответствии с общепринятым алгоритмом [6] был составлен ориентировочный календарь пыления и спорообразования для Самарского региона с оценкой риска развития аллергических заболеваний у сенсibilизированных пациентов. (Рис.).

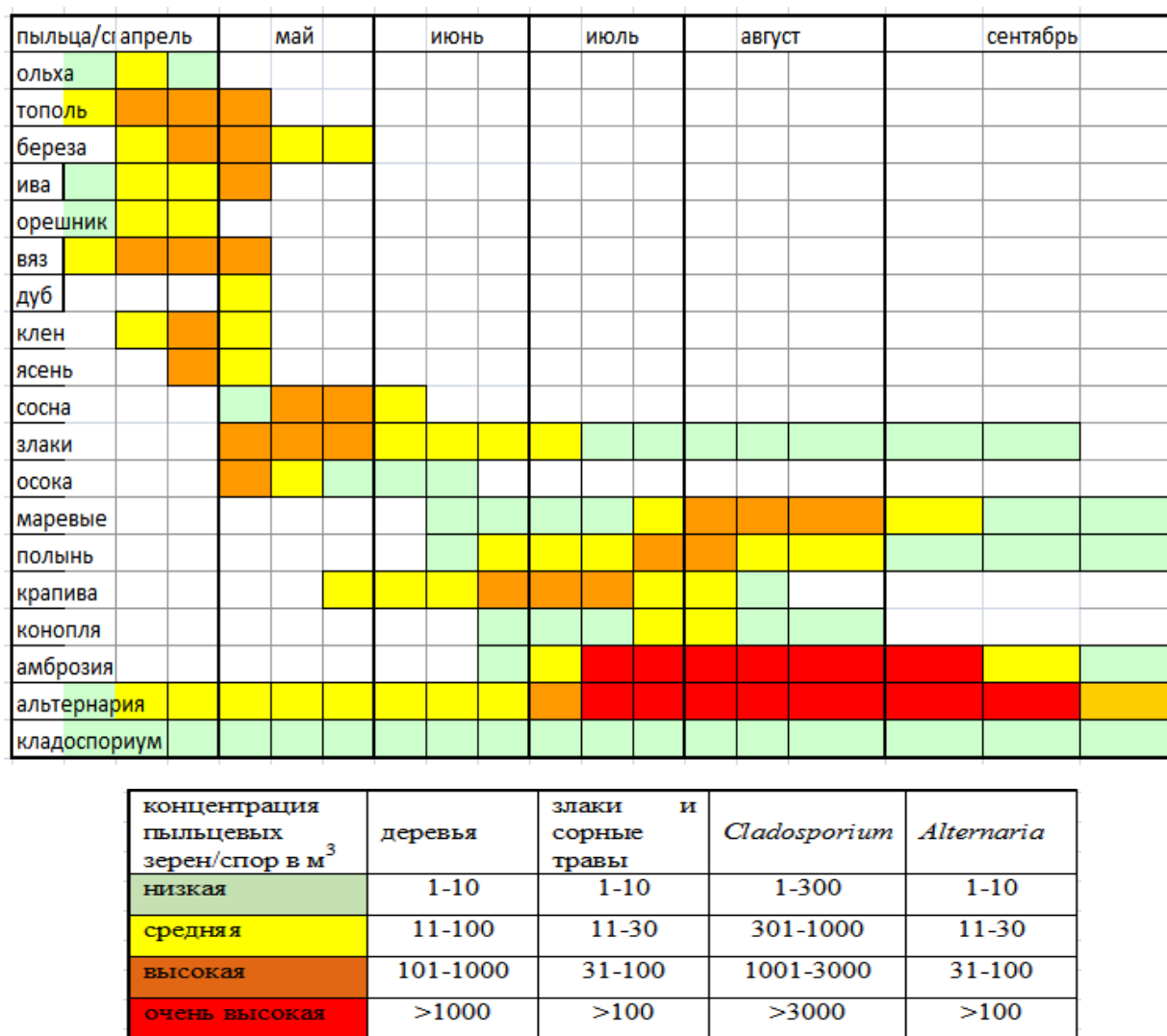


Рис. Календарь пыления и спорообразования, Самара (2013–2021 гг.)

Для Самарского региона численность спор плесневых грибов в воздухе менялась, обнаруживая зависимость от метеоусловий. Погодные условия вегетационных периодов 2015–2021 гг. характеризовались заметной вариабельностью количества и ритма осадков, динамики изменения температур. Это оказало влияние на формирования климатических условий в различные месяцы – дефицит влаги различной степени выраженности, иногда сопровождавшийся повышенным уровнем температур в июне 2015 г., июне – августе 2016 г., августе 2017 г., мае – июне и августе – сентябре 2018 г., июнь – июль

2019 г., июль 2020 г., апрель 2018 г. Климатические условия с повышенной влажностью и большим количеством осадков (гумидные) соответствовали другим месяцам, были резко выражены в сентябре 2016 г., апреле – июне 2017 г. и апреле 2018 г. Таким образом, составленный календарь пыления и спорообразования для г. Самары позволяет оценить риски развития аллергических заболеваний у жителей региона и прогнозировать течение заболевания.

Библиографический список

1. Maureen E. Lacey and Jonathan S. West The Air Spora A manual for catching and identifying airborne biological particles, 2006. Springer. 156 p.
2. Addison-Smith B., Wraith D., Davies J.M. Standardising pollen monitoring: quantifying confidence intervals for measurements of airborne pollen concentration // Aerobiologia. 2020. Vol. 36. P. 605–615. doi: 10.1007/s10453-020-09656-6
3. Шамгунова Б. А. Клинико-эпидемиологические и иммуногенетические особенности пыльцевой аллергии в Астраханской области : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Саратов, 2011. 43 с.
4. Посевина Ю. М. Палинологический мониторинг атмосферного воздуха г. Рязани : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2011. 24 с.
5. Пыльцевой мониторинг Allergotop [Электронный ресурс]. – URL: <https://myallergo.ru/zdorovie/monitoring-pylcy> (дата обращения: 20.03.2022).
6. Принципы и методы аэропалинологических исследований / Н. Р. Мейер-Меликян, Е. Э. Северова, Г. П. Гапочка и др. М., 1999. 48 с.

НАКОПЛЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА В ОРГАНИЗМЕ ПЧЕЛ И ПРОДУКТАХ ПЧЕЛОВОДСТВА В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

К. В. Сычев¹, Р. Н. Низамов², А. Р. Фазульнова¹, М. Н. Мукминов¹

¹ Казанский федеральный университет, kvs14@yandex.ru

² ФЦТРБ-ВНИВИ, malik-bee@mail.ru

Целью настоящих исследований явилось изучение характера распределения и степени кумуляции железа в организме пчел и апипродуктах, собранных на территории районов интенсивного техногенеза (нефтедобыча и нефтепереработка) Республики Татарстан с различной степенью антропогенно-техногенного воздействия.

Ключевые слова: *Apis mellifera* L., тяжелые металлы, апимониторинг, звенья биологической цепи, коэффициент накопления, железо.

Техногенные загрязнения на глобальном и региональном уровнях сильно изменили качество окружающей среды. Для предотвращения негативных последствий этого воздействия как на биосферу в целом, так и на здоровье людей необходим всесторонний и комплексный контроль. Использование

биоиндикаторов с конца 70-х гг. прошлого века является одним из методов такого контроля.

Одним из сравнительно новых направлений биоиндикационных исследований является апимониторинг.

Экологическая значимость медоносных пчел (*Apis mellifera* L.) определяется их присутствием в самых разнообразных типах биогеоценозов.

Основными и наиболее опасными химическими загрязнителями почв крупных населенных пунктов являются тяжелые металлы. Проникая в почву, они начинают мигрировать по пищевым цепям, а также напрямую воздействовать на человека.

Железо – химический элемент, который содержится во многих минералах и породах. Загрязнение соединениями железа может происходить в результате процессов выветривания горных пород, разрушения этих пород и растворения. Образуя разные комплексы с органическими веществами из раствора, железо может быть в коллоидном, растворенном и во взвешенном состояниях. Загрязнение соединениями железа в результате деятельности человека в десятки раз превышает то загрязнение, которое возникает в результате их попадания в окружающую среду от природных источников [1, 2].

С целью осуществления экологического апимониторинга нами были отобраны образцы почв (195), цветочной пыльцы, пчел, меда и перги (288) в период 2018–2021 гг. в 8 районах Республики Татарстан: Альметьевском, Бугульминском, Азнакаевском, Лениногорском, Новошешминском, Черемшанском, Чистопольском и Заинском, относящихся к регионам с высокой антропогенно-техногенной нагрузкой. В исследованиях повышенный интерес вызвали тяжелые металлы, а именно железо, относимое к основным и наиболее опасным химическим загрязнителям [1]. Результаты накопления и распределения железа в почве, организме пчел и апипродуктах представлены в таблице 1.

Таблица 1

Накопление и распределение железа в почве, организме пчел и апипродуктах, собранных в различных районах Республики Татарстан (мг/кг)

Район	Концентрация железа (мг/кг)				
	почва	мед	перга	пыльца	подмор пчел
Альметьевский	2209,1	12,97	59,7	103,9	1041,01
Бугульминский	2000,1	10,19	43,5	88,47	961,03
Азнакаевский	1978,5	11,65	41,9	71,97	875,05
Лениногорский	1868,3	5,85	39,3	56,89	849,85
Новошешминский	1245,3	4,39	34,7	60,81	987,93
Черемшанский	1697,9	7,09	38,5	48,97	905,71
Чистопольский	1468,1	4,98	40,3	56,72	889,71
Заинский	1458,7	8,21	44,3	45,27	1193,5

Результаты расчета коэффициента накопления (Кн) железа в звене биологической цепи (ЗБЦ) почва-пыльца, пыльца-пчела, пчела-мед, пчела-перга (табл. 2) дают возможность отнести районы по степени аккумуляции в апи-

продуктах к одной из пяти групп согласно принятой классификации [3]: Кн более 10 – сильное накопление, Кн = 1–10 – слабое накопление, Кн = 0,1–1 – отсутствие аккумуляции, Кн = 0,01–0,1 – слабая дискриминация, Кн менее 0,01 – сильная дискриминация и Кн = 0 – полное отсутствие кумуляции.

Таблица 2

Коэффициенты накопления железа из почвы в апипродукты и организм пчел, обитающих в разных районах Республики Татарстан

Район	Звено биологической цепи			
	Почва-пыльца	Пыльца-пчела	Пчела-мед	Пчела-перга
Альметьевский	0,047	10,019	0,0126	0,058
Бугульминский	0,044	10,862	0,0106	0,045
Азнакаевский	0,036	12,156	0,013	0,048
Лениногорский	0,03	14,938	0,007	0,046
Новошешминский	0,049	16,246	0,004	0,035
Черемшанский	0,029	18,495	0,008	0,042
Чистопольский	0,039	15,686	0,006	0,045
Заинский	0,031	26,364	0,007	0,037

Обнаружение существенного различия степени кумуляции железа в изученных апипродуктах объясняется комплексом факторов, способствующих усилению или дискриминации накопления тяжелого металла в том или ином объекте. Накопление тяжелых металлов растениями из почвы и переход их по звеньям биологической цепи: почва–растение–организм животных–птиц–насекомых зависит от комплекса факторов: физико-химических свойств тяжелых металлов, агрохимической характеристики почвы, биологической особенности акцептора: растений, животных, птиц, насекомых и т. д [4]. Существенная неравномерность распределения и степень накопления железа в продуктах, собранных в различных районах Республики Татарстан, связаны, по-видимому, с различным уровнем загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, пестицидами и другими контаминантами, которые вносят существенный вклад в метаболизм железа.

Библиографический список

1. Апимониторинг в системе контроля загрязнения окружающей среды / Ф. С. Билалов, Л. А. Скребнева, В. З. Латыпова, М. Н. Мукминов. Казань : Изд-во КГУ, 2010. 264 с.
2. Seasonal variation in heavy-metal accumulation in honey bees as an indicator of environmental pollution / F. Bilalov, L. Skrebneva, O. Nikitin, E. Shuralev, M. Mukminov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. Vol. 6 (4). P. 215–221.
3. Accumulation and redistribution of radionuclides in honey bees and apiary products in the Republic of Tatarstan, Russia / A. V. Galiullina, R. N. Nizamov, K. N. Vagin, K. V. Sychev, D. G. Vakilova, M. N. Mukminov // Astra Salvensis. 2017. Vol. 2/2017. P. 581–590.
4. A composite therapeutic preparation for radioisotope elimination: theoretical presuppositions / A. M. Golovanova, R. N. Nizamov, K. V. Sychev, K. N. Vagin, M. N. Mukminov // International Journal of Pharmacy & Technology. 2016. Vol. 8 (4). P. 24558–24564.

ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДИКОРАСТУЩИХ ВИДАХ РАСТЕНИЙ НА ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Г. Г. Бускунова

Сибайский институт (филиал)

«Башкирский государственный университет», gulsina_busk@mail.ru

В материалах представлены результаты исследования содержания Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Cd, Pb, Co в надземных и подземных частях дикорастущих растений методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Результаты анализов выражены в мг/кг воздушно-сухой массы. Образцы отобраны на территории Бурзянского района Республики Башкортостан (Россия) в естественных экосистемах. Содержание Cu, Zn, Mn, Pb, Cd в плодах *Prunus padus* L. и *Rubus saxatilis* L., цветках *Origanum vulgare* L. не превышали МДУ. Отмечено превышение максимально-допустимых уровней (МДУ) по Ni (5-14,2 МДУ) и Co (1,8-6,3 МДУ) во всех исследованных растениях.

Ключевые слова: максимально-допустимый уровень, дикорастущие растения, видоспецифичность, тяжелые металлы.

Содержание тяжелых металлов (ТМ) в почве – важнейший показатель, характеризующий санитарно-гигиеническую ситуацию, так как накопление в почвах их избыточных концентраций представляет прямую угрозу экологической безопасности применяемой растениеводческой продукции [1]. Растения, поглощая из почвы ТМ, аккумулируют их в тканях, являясь, таким образом, промежуточным звеном в цепи: «почва – растение – животное – человек». На накопление ТМ в растениях влияет множество факторов: избирательное поглощение элементов и их биологическая доступность, минералогический состав и тип почв, рельеф и уровень грунтовых вод. В результате, в природных условиях содержание ТМ в растениях варьирует в очень широких пределах. Поэтому контроль за накоплением ТМ в естественных фитоценозах является важным элементом. Актуально изучение состава дикорастущих растений и на предмет их экологической чистоты. Под экологической чистотой лекарственного растительного сырья (ЛРС) подразумевается отсутствие в их составе токсичных элементов и радионуклидов или же их наличие согласно установленным нормам соответствующими ГОСТами.

В связи с этим целью нашей работы явилось изучение содержания тяжелых металлов в растениях черемухи обыкновенной (*Prunus padus* L.), костяники каменистой (*Rubus saxatilis* L.), душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) в условиях Бурзянского района Республики Башкортостан (Россия).

Исследования проводились в июле 2021 года на территории Бурзянского района Республики Башкортостан (РБ) в окрестностях д. Байгазино (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема расположения района исследования

Отбор и подготовка растительных проб производилась согласно общепринятой методике. Концентрации ТМ (мг/кг) в растительных образцах определяли методом атомной абсорбции в центральной лаборатории СФ ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» г. Сибай Республики Башкортостан.

При оценке уровня загрязнения ТМ растений использовали утвержденные временные максимально допустимые уровни [2]. Максимально-допустимый уровень (МДУ) Cu в растениях составляет 30 мг/кг, Zn – 50 мг/кг, Ni, Co – 1 мг/кг, Fe, Mn – 100 мг/кг, Pb – 5 мг/кг, Cd – 0,3 мг/кг. По некоторым источникам содержание железа на уровне 20-300 мг/кг считается нормой, а выше 750 мг/кг – токсичной концентрацией [3]. Для марганца содержание ниже 20 мг/кг – дефицит, от 25 до 250 мг/кг – норма, выше 500 мг/кг – фитотоксичная концентрация [4].

P. radus – дерево с раскидистой кроной, растет по речным долинам, оврагах, на сырых лесных полянах и опушках, среди кустарников в лесной и лесостепной зонах. В мякоти плодов черемухи обнаружены сахара, органические кислоты (яблочная, лимонная), дубильные вещества, красящие вещества, витамин С, каротин, макро- и микроэлементы (накапливает медь, кобальт). В семенах содержится до 1,5 % гликозида амигдалина, при гидролизе которого образуется синильная кислота [5]. Вяжущие и противовоспалительные свойства черемухи обусловлены дубильными веществами. Антоцианы с Р-витаминной активностью оказывают капилляроукрепляющее действие.

Исследования показали, что содержание Cu, Mn, Pb, Cd не превышали МДУ в надземных и подземных органах *P. padus*. Содержание Ni и Co превышали МДУ во всех органах, Fe – в коре (6,6 раз), ветках (1,6 раз) и листьях (3,7 раз), Zn – в коре (1,5 раз) и ветвях (1,1 раз). В пищевых целях местное население собирают плоды *P. padus*. Концентрация ТМ в плодах *P. padus* L. не превышают МДУ (рис. 2), за исключением Ni (5МДУ) и Co (1,8МДУ).

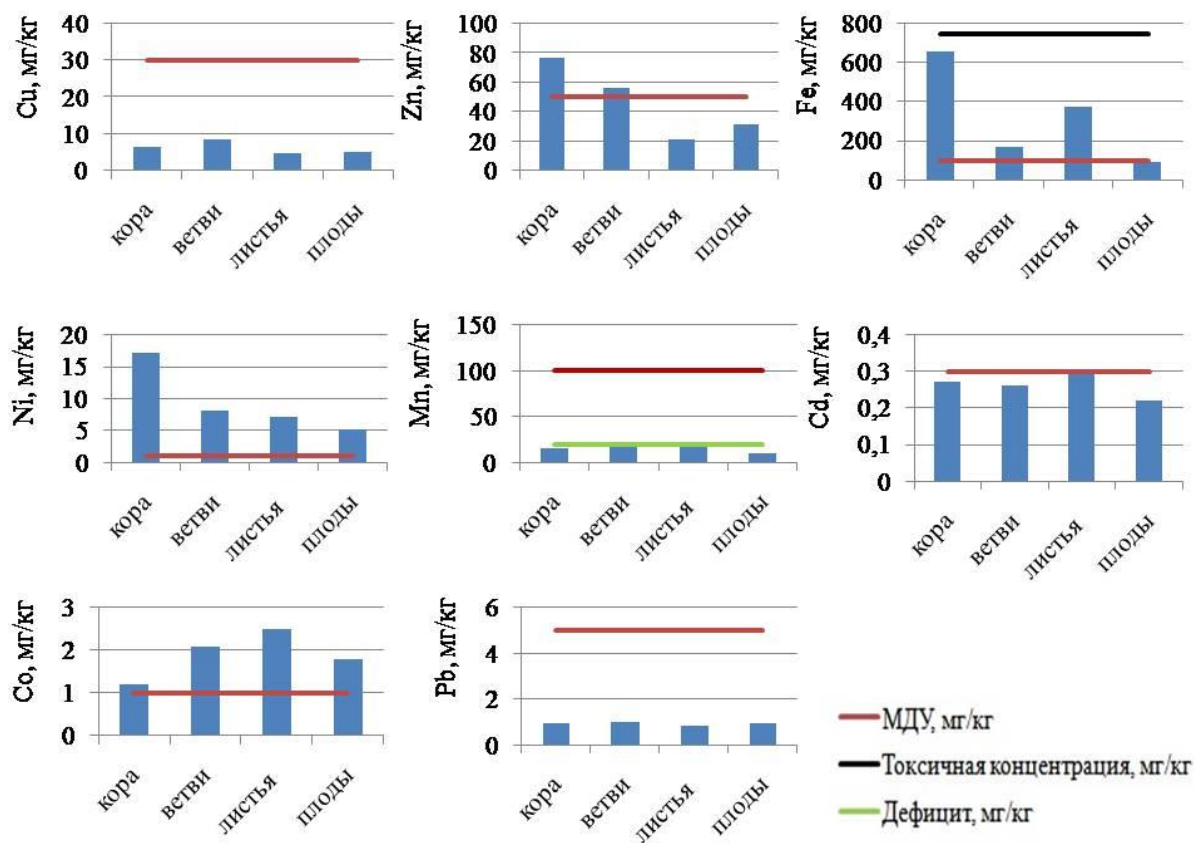


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов в *P. padus*

R. saxatilis – многолетнее травянистое растение, произрастающее во влажных лесах, преимущественно хвойных. Ягоды сочные, кисловатые, напоминают по вкусу гранат. В плодах костяники содержатся углеводы, органические кислоты, пектиновые и дубильные вещества, витамин С, флавоноиды, токоферол, фитонциды. Растение обладает жаропонижающим, потогонным, мочегонным, противовоспалительным, противомикробным и противогрибковым свойствами.

Содержание Cu, Mn, Pb, Cd не превышали МДУ в надземных и подземных органах *R. Saxatilis*. Содержание Ni, Fe, Co превышали МДУ во всех органах, Zn только в корнях (1,7 раз) и стеблях (1,1 раз).

В пищевых целях местное население собирают плоды *R. saxatilis*. Концентрация ТМ в плодах *Rubus saxatilis* L. превышают МДУ по Ni (10,6 раз), Fe (5,5 раз), Co (6,3 раз) (рис. 3).

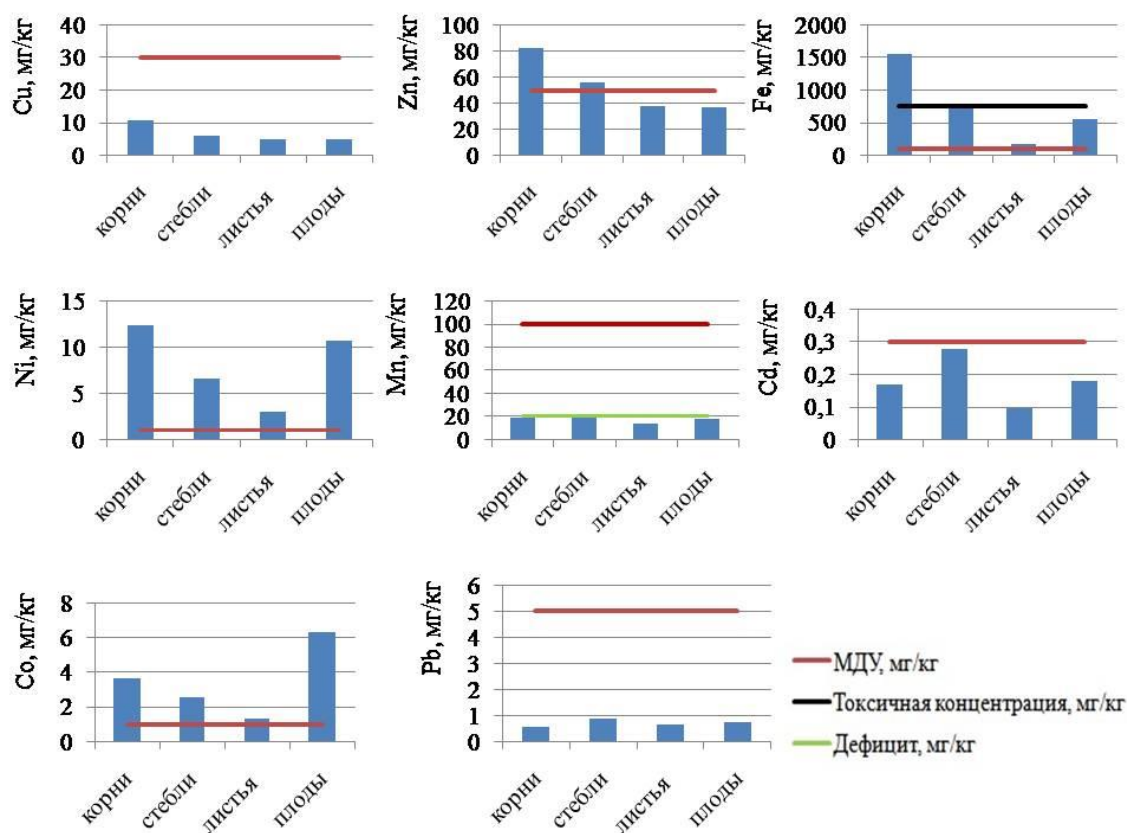


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов в *R. saxatilis*

O. vulgare – это многолетнее травянистое растение, растет на лесных опушках и полянах, в разреженных лиственных и хвойных лесах, среди зарослей кустарников, по склонам оврагов, по обочинам дорог, иногда в лесополосах и садах небольшими, обычно разреженными группами. В траве душицы обнаружено эфирное масло, главными компонентами которого являются тимол, цимол, карвакрол, сесквитерпены, геранилацетат, селинен, α -туйон, α -терпинен [6]. Кроме того, растение содержит флавоноиды: апигенин, лютеолин, 7-глюкоронид, лютеолин-7-глюкозид, изоройфолин, космосиин; аскорбиновую кислоту и дубильные вещества, макро- и микроэлементы. Душицу применяют в качестве отхаркивающего средства при острых и хронических бронхитах, тонзиллитах, гайморитах, трахеитах, ларингитах. Травя душицы оказывает желчегонное, мочегонное и седативное действие, действует успокаивающе на центральную нервную систему.

Содержание Cu, Mn, Pb не превышали МДУ в надземных и подземных органах *O. vulgare*. Содержание Ni, Co превышали МДУ во всех органах, Fe – в корнях, стеблях, листьях, Cd и Zn только в корнях и стеблях. В лекарственных целях местное население использует цветки и листья *O. vulgare*. Концен-

трация ТМ в цветках *O. vulgare* не превышают МДУ, за исключением Ni (14,1 раз) и Co (2,5 раз) (рис. 4).

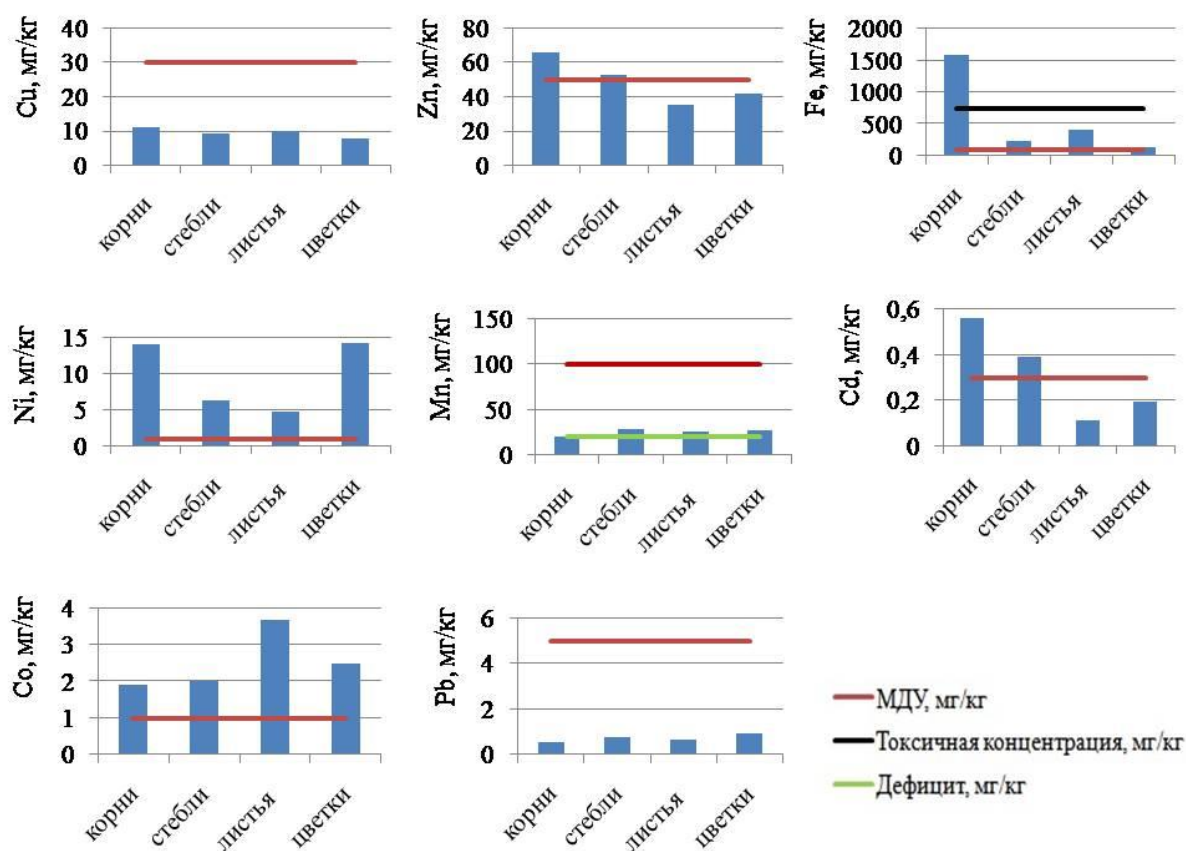


Рис. 4. Содержание тяжелых металлов в *O. vulgare*

Таким образом, содержание Cu, Zn, Mn, Pb, Cd в плодах *P. padus* и *R. saxatilis*, цветках *O. vulgare* не превышают МДУ. Отмечено превышение МДУ по Ni (5-14,2МДУ) и Co (1,8-6,3МДУ) во всех исследованных растениях, Fe (5,5МДУ) только в плодах *R. saxatilis*.

Библиографический список

1. Лукин С. В. Производство экологически безопасной сельскохозяйственной продукции // АПК: Экономика, управление. 2007. № 5. С. 27–29.
2. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. Утвержден Главным управлением ветеринарии Госагропрома СССР 07.08.87 г. № 128–4/281. М., 1987.
3. Прохорова Н. В., Матвеев Н. М., Павловский В. А. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара : Изд-во «Самарский университет», 1998. 131 с.
4. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск : Наука, 1991. 148 с.
5. Ильиных А. В. Микроэлементы и флавоноиды черники обыкновенной // Труды 3-го Междунар. форума (8-й Междунар. конф.). Самара, 2007. С. 177–180.
6. Муравьева Д. А. Фармакогнозия. 2-е. изд. М. : Медицина, 1981. 652 с.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В ПЛОДАХ И ЛИСТЬЯХ РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, РЯБИНЫ ЧЕРНОПЛОДНОЙ, ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ И ШИПОВНИКА СОБАЧЬЕГО

А. А. Елец, М. В. Исупова, И. Р. Гребенев,
Г. А. Лучинин, Е. В. Товстик

Вятский государственный университет, sashaelets99@gmail.com

В работе представлены результаты исследования зольности и содержания меди в плодах и листьях рябины обыкновенной, рябины черноплодной, облепихи крушиновидной, шиповника собачьего, произрастающих на территории города Кирова. Не зависимо от растительного вида, наибольшей зольностью, по сравнению с плодами, характеризовались листья. Содержание меди в плодах не превышало ПДК и составляло 4,3–4,9 мг/кг. По уменьшению содержания меди в плодах и листьях растительные виды располагались в ряд: шиповник собачий > рябина обыкновенная > облепиха крушиновидная > рябина черноплодная.

Ключевые слова: рябина обыкновенная, рябина черноплодная, облепиха крушиновидная, шиповник собачий, плоды, листья, зольность, медь.

Медь является одним из важнейших микроэлементов. Ее суточная норма для человека составляет 2–3 мг [1]. Дефицит меди в организме связывают с нарушениями репродуктивной функции человека [2]. Однако, как дефицит, так и избыток этого микроэлемента опасен для человека развитием патологических проявлений [3].

Для оценки безопасности растительного сырья, используемого в качестве пищевого, важно исследовать содержание в нем микроэлементов. Кроме этого данные о содержании микроэлементов подчеркивают терапевтическую значимость растительного вида и позволяют сделать заключение о возможности его использования в качестве лекарственного сырья [4].

ПДК меди в сушеных ягодах, используемых в качестве пищевого продукта и продовольственного сырья не должно превышать 5,0 мг/кг [5].

Цель работы – оценка зольности и содержания меди в плодах и листьях рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*), рябины черноплодной (*Aronia melanocarpa*), облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides*), шиповника собачьего (*Rosa canina*), произрастающих на территории города Кирова.

Зрелые плоды и листья исследуемых растительных видов отбирали в сентябре 2021 года. Плоды сушили в сухажоровом шкафу при температуре 60 °С, листья – при комнатной температуре в тени. После сушки осуществляли измельчение плодов и листьев в мельнице, пропускали через сито с диаметром отверстий 1 мм.

Содержание меди в плодах и листьях определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «СПЕКТР-5-4». Предварительную подготовку растительных проб для исследования осуществляли путем сухой минерализации с последующим переводом золы в раствор азотной кислотой. Для каждой пробы по данным сухой минерализации рассчитывали зольность [6, 7].

Известно, что показатель зольности растений характеризует количество минеральных веществ, содержащихся в них. Зольность определяется многими факторами. Среди них видовая и сортовая принадлежность, техногенное загрязнение окружающей среды, особенности вегетационного периода [8].

Согласно полученным данным зольность плодов исследованных растительных видов, была ниже, чем листьев (табл.).

Таблица

Содержание золы в плодах и листьях растительных видов, произрастающих на территории города Кирова

Растение	Зольность, %	
	Плоды	Листья
Рябина обыкновенная	3,4	8,9
Рябина черноплодная	2,3	8,6
Облепиха крушиновидная	3,9	5,7
Шиповник собачий	2,7	5,8

По мере снижения зольности плодов растительные виды располагались в ряд: рябина обыкновенная ~ рябина черноплодная > шиповник собачий ~ облепиха крушиновидная. Для листьев ряд имел другой вид: облепиха крушиновидная ~ рябина обыкновенная > шиповник собачий ~ рябина черноплодная. Анализируя показатели зольности плодов и листьев тесной корреляционной связи не было установлено ($r = -0,33$).

Содержание меди в плодах не превышало ПДК и варьировало в зависимости от растительного вида от 4,3 до 4,9 мг/кг. Наибольшим содержанием меди в плодах, близким к значению ПДК характеризовался шиповник (рис.).

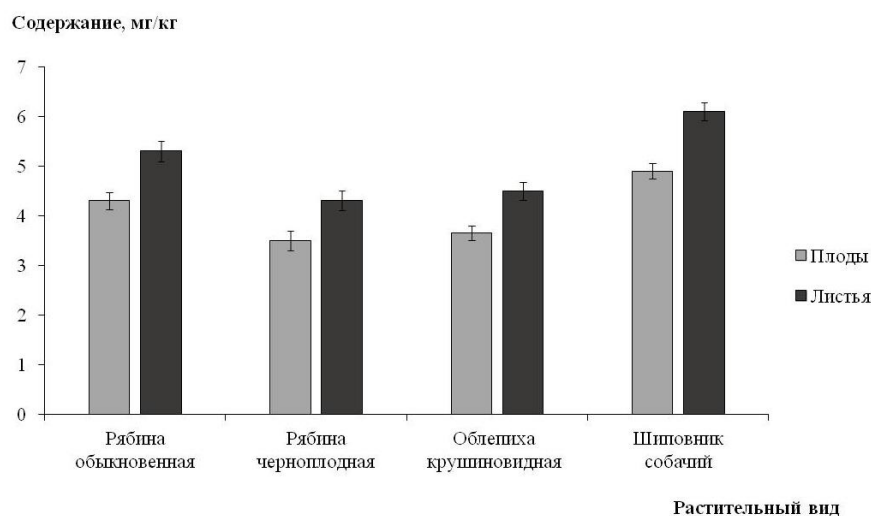


Рис. Содержание меди в плодах и листьях

Содержание меди в листьях составило 4,3–6,1 мг/кг. Между содержанием меди в плодах и листьях отмечали тесную корреляционную связь ($r = 0,99$). По уменьшению содержания меди в плодах и листьях виды располагались в ряд: шиповник собачий > рябина обыкновенная > облепиха крушиновидная > рябина черноплодная.

Таким образом, исследование растительных видов, произрастающих на территории города Кирова показало, что содержание зольных элементов в листьях выше, чем в плодах. Содержание меди в плодах не превышает ПДК. Наибольшим содержанием меди в плодах и листьях характеризуется шиповник собачий.

Библиографический список

1. Новиков В. С., Шустов Е. Б. Роль минеральных веществ и микроэлементов в сохранении здоровья человека // Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. 2017. Т. 21(3). С. 5–16.
2. Батырова Г. А., Умарова Г. А., Умаров Е. А. Проблема дисбаланса микроэлементов в организме человека // Валеология: Здоровье, Болезнь, Выздоровление. 2021. Т. 1. С. 15–21.
3. Костина О. В., Преснякова М. В., Альбицкая Ж. В. Биологическая роль меди в патогенезе расстройств аутистического спектра у детей: обзор литературы // Экология человека. 2020. № 4. С. 42–47.
4. Каманина И. З., Каплина С. П., Салихова Ф. С. Содержание тяжелых металлов в лекарственных растениях // Научное обозрение. Биологические науки. 2019. № 1. С. 29–34.
5. Методы контроля. Химические факторы. Инверсионно-вольтамперометрическое измерение концентрации цинка, кадмия, свинца и меди в пищевых продуктах и продовольственном сырье [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document> (дата обращения: 02.04.2022).
6. ГОСТ 26929–94. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document> (дата обращения: 01.04.2022).
7. ГОСТ 30178–96. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document> (дата обращения: 01.04.2022).
8. Седельникова Л. Л., Цандекова О. Л. Зольность цветочно-декоративных растений в условиях урбанизированной среды (на примере городов Новосибирской области) // Химия в интересах устойчивого развития. 2020. Т. 28. № 4. С. 426–431.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В МИКРОЗЕЛЕНИ, РЕАЛИЗУЕМОЙ В ТОРГОВОЙ СЕТИ ГОРОДА КИРОВА

Т. В. Карпова, Е. В. Товстик

Вятский государственный университет, tovstik2006@inbox.ru

В статье представлены результаты анализа микрозелени, реализуемой в торговой сети города Кирова. Установлено содержание цинка (48,3–174 мг/кг), меди (2,40–17,6 мг/кг), железа (56,5–130 мг/кг), марганца (24,9–82 мг/кг) в микрозелени дайкона, брокколи, мицуны красной, гороха, кресс-

салата, кольраби, редиса Санго, подсолнечника. Среди исследуемых видов микрозелени наиболее богата микроэлементами микрозелень брокколи.

Ключевые слова: зольность, микроэлементы, цинк, медь, железо, марганец, микрозелень.

Микрозелень, наряду с пророщенным зерном, не уступает по содержанию биологически активных веществ и микроэлементов, овощам, собранным в стандартной фазе технической спелости. В связи с этим на основе микрозелени создают функциональные продукты питания [1]. Помимо биологической ценности, микрозелень позволяет влиять на органолептические, реологические показатели, цветообразование и хранимospособность готовой пищевой продукции [2].

Одним из наиболее важных вопросов, имеющих большое значение для качества микрозелени является субстрат. Он не должен содержать патогенных микроорганизмов, загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов [3]. В микрозелени проростков содержание тяжелых металлов и мышьяка, пестицидов, нитратов, микотоксинов и радионуклидов не должно превышать допустимые уровни, установленные в п. 1.6.1 СанПиН 2.3.2.1078–01 на сырую массу [4, 5].

Цель работы – сравнительная оценка зольности и содержания меди, цинка, железа, марганца в микрозелени, реализуемой в торговой сети города Кирова.

Объектом исследования служила микрозелень дайкона, брокколи, мицуны красной, гороха, кресс-салата, кольраби, редиса Санго, подсолнечника.

В пробах проводили определение содержания микроэлементов методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Метод анализа основан на минерализации растительных проб и определении концентрации ионов металлов в растворе минерализата. Подготовка проб к минерализации заключалась в предварительной сушке микрозелени до воздушно-сухого состояния, измельчении, озолении. Для каждой пробы по данным сухой минерализации рассчитывали зольность [6, 7].

Согласно полученным данным зольность микрозелени варьировала от 5 до 16% (рис.).

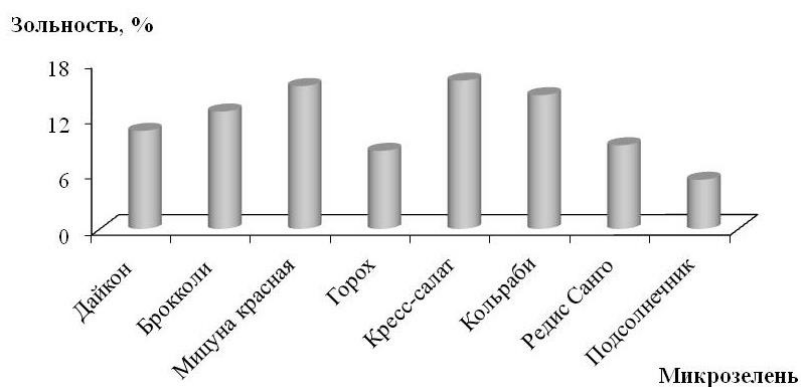


Рис. Содержание золы в микрозелени

По мере снижения зольности микрозелень располагалась в ряд: кресс-салат > мицуна красная > кольраби > брокколи > дайкон > редис Санго > горох > подсолнечник.

Содержание микроэлементов в микрозелени варьировало от единиц до сотен мг/кг в пересчете на сухое вещество (табл.).

Таблица

Микроэлементный состав микрозелени

Вид микрозелени	Содержание, мг/кг			
	Zn	Cu	Fe	Mn
Дайкон	67±5	2,40±0,10	76±5	52±5
Брокколи	174±11	5,90±0,20	109±6	68±7
Мицуна красная	128±8	4,90±0,20	130±7	82±8
Горох	60±4	17,6±0,5	79±6	24,9±2,5
Кресс-салат	95±7	7,90±0,20	126±6	50±5
Кольраби	59±4	4,40±0,10	107±5	61±6
Редис Санго	48,3±3,4	2,90±0,10	60±4	26,1±2,6
Подсолнечник	62±4	10,60±0,30	56,5±3,9	25,6±2,6

Содержание цинка в микрозелени варьировало от 48,3 до 174 мг/кг. Из разных видов микрозелени больше всего цинка содержалось в брокколи и мицуне красной, меньше всего – в редисе Санго, кольраби и горохе.

Содержание меди в разных видах микрозелени изменялось в пределах 2,40–17,6 мг/кг. Установлено, что наиболее богата медью микрозелень гороха и подсолнечника, менее богата – микрозелень редиса Санго, дайкона.

Содержание железа в микрозелени варьировало от 56,5 до 130 мг/кг. Наибольшее содержание железа установлено в микрозелени мицуны красной и кресс-салата, наименьшее – в микрозелени подсолнечника и редиса Санго.

Содержание марганца в микрозелени составляло 24,9–82 мг/кг. Больше всего марганца обнаружено в микрозелени мицуны красной, меньше – в микрозелени гороха, подсолнечника и редиса Санго.

Среди исследуемых микроэлементов в наибольшем количестве в микрозелени обнаружены железо и цинк.

Таким образом, по данным атомно-абсорбционной спектроскопии наиболее богатой микроэлементами микрозеленью является брокколи.

Библиографический список

1. Банеева Н. П., Гоголь Е. С. Перспективы использования микрозелени и пророщенных зерен в персональном питании // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : материалы Всерос. науч.-практ. конф. : в 4 томах. Иркутск : Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского (Молодежный), 2020. С. 15–23.
2. Расширение ассортиментной линейки пищевых продуктов специализированного назначения и функциональной направленности / С. Л. Гаптар, О. Н. Сороколетов, Е. В. Тарабанова, Е. А. Кошелева, О. В. Лисиченок, А. Н. Головкин // Инновации и продовольственная безопасность. 2021. № 4. С. 55–67. doi: 10.31677/2072-6724-2021-34-4-56-67
3. Пашкевич А., Чайковский А. Микрозелень. Функциональный продукт XXI века // Наука и инновации. 2021. № 11(225). С. 58–63.

4. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14 ноября 2001 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293855-/4293855259.htm> (дата обращения: 02.04.2022).

5. Микрозелень проростков гороха овощного и стандарт организации / Л. М. Шило, О. В. Ушакова, В. А. Ушаков, Л. В. Павлов, А. В. Молчанова // Овощеводство. 2019. № 8. С. 21–22. doi: 10.25630/PAV.2019.62.89.002

6. ГОСТ 26929–94. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document> (дата обращения: 01.04.2022).

7. ГОСТ 30178–96. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document> (дата обращения: 01.04.2022).

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗААМИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА

М. Э. Саттаров¹, К. Б. Сакиев¹, Д. Э. Туракулова², С. А. Мехрибонова²

*¹ Научно-исследовательский институт окружающей среды и
природоохранных технологий при Госкомэкологии
Республики Узбекистан, m_sattorov@mail.ru*

² Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова

В статье представлена информация о биоэкологических особенностях, флоре и фауне Зааминского национального природного парка. В частности, в условиях глобализации были внесены предложения по сохранению и рациональному использованию биологических ресурсов Зааминского национального природного парка.

Ключевые слова: национальный парк, растения, млекопитающие, злаковые растений, человек, фактор.

Охраняемые природные территории Узбекистана являются основой сохранения биоразнообразия в нашей стране. Поэтому одной из важных задач, стоящих сегодня перед страной, является «сохранение существующего биоразнообразия на охраняемых территориях». Одной из основных угроз является развитие сельского хозяйства, точнее, освоение новых территорий для земледелия [1].

Флора Узбекистана разнообразна. Согласно исследованиям, проведенным в последние годы в институте Генофонда растительного и животного мира АН РУз, на территории Республики выявлено около 4500 видов, принадлежащих к 166 семействам в отечественной флоре [2].

Зааминский Национальный Природный Парк организован в 1976 г. для рационального использования природных зарослей арчи (можжевельника) и других ландшафтов, имеющих особую экологическую, культурную и эстетическую ценность, и сохранения в целях охраны природы, рекреации и туризма, а также в научных и культурных целях. Он расположен на северном

склоне Туркестанского хребта на территории Зааминского и Бахмальского районов Джизакской области. Его площадь составляет 23 894 га. Парк находится на высоте от 1000 до 4033 над уровнем моря. Высочайшей точкой является Пик Шаукартаг (4033 м) Туркестанского хребта. Юго-западная часть Национального Парка граничит с селами Музбулак, Зартепа Бахмалского района, а юго-восточная – с Республикой Таджикистан.

В Зааминском Национальном Природном Парке встречается более 1107 видов высших растений. Плотность растительного покрова свидетельствует о разнообразии флоры, в которой выявлено 107 видов лекарственных растений, принадлежащих к 36 семействам и 80 родам. Из этих растений выделяются те, которые отличаются многочисленностью видов. К ним относятся *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Apiaceae*, *Lamiaceae*, *Fabaceae* [3].

Во флоре Зааминского Национального Природного парка встречается большое количество полезных растений. Они применялись людьми испокон веков. Флора изучена недостаточно. Без преувеличения можно считать, что сведения, приведенные в настоящей статье о семействе *Lamiaceae*, являются первым шагом в изучении флоры данной территории [4].

В 2011 г. ученые обнаружили более 800 видов растений. Из них 11 видов растений занесены в «Красную книгу» Республики Узбекистан. Из видов лекарственных растений выявлено 20 видов. На территории Зааминский национальный парк ученые изучают более 216 видов различных грибов на предмет их вида, условий произрастания, размножения и хранения.

Исследователи также работают над сохранением природного мира и изучением его видов в Зааминском национальном парке (рис. 1).



Рис. 1. Длиннохвостый сурок (*Marmota caudata*)

В частности, 4 вида животных, занесенных в Красную книгу Республики Узбекистан, включают Тяньшанского бурого медведя, Туркестанскую рысь, снежного барса и горного архара, а также 6 видов птиц (рис. 2).



Рис. 2. Рысь (*Felis lunx*)

Сегодня в национальном парке насчитывается более 800 видов растений, 30 видов млекопитающих, 14 видов рептилий и 102 вида птиц, в том числе 4 вида животных, 6 видов птиц и 3 вида растений, занесенных в Красную книгу (рис. 3).



Рис. 3. Бородач (*Gypaetus barbatus* L.)

На территории национального парка выявлено 20 видов редких и исчезающих видов дикорастущих растений, 107 видов лекарственных и пищевых видов растений, произрастающих в дикой природе, 6 видов технических видов растений, произрастающих в дикой природе (рис. 4) [5].



Рис. 4. Астрагал тонкопузырчатый (*Astragalus leptophysus* Vved.)

В работах, проведенных в 2006–2010 гг., результаты анализа не только сравниваются с предыдущими данными, но и наглядно показывают, насколько важны для человека и хозяйство, и обилие растительности на данной территории. В народном хозяйстве в зависимости от содержания растения подразделяют на следующие виды: лекарственное – 119, алкалоидное – 77, витаминное – 42, эфиромасличное – 14, сапониновое – 3, гликозидное – 53, аддитивное – 49, воск – 15, краситель – 10, мед – 185, клетчатка – 3, масло – 3, пряность – 5, декоративное – 57, кормовое – 88 (рис. 5).



Рис. 5. Ферула замещающая (*Ferula vicaria* Korovin)

По жизненной форме полезные растения Зааминского национального природного парка: однолетние злаки – 35, двухлетние злаки – 10, многолетние злаки – 23 и полукустарнички – 8.

В последние годы усиление антропогенного (а также техногенного) воздействия на природу, экологические изменения и вырубка лесов в лесных массивах привели к эрозии естественного биоразнообразия, при этом многие виды растений и животных вымирают или сокращаются в численности.

К сожалению, в связи с недавним посещением населением территории Национального парка для отдыха, территория парка загрязняется различными бытовыми отходами, продуктами питания и остатками их тары. В результате в национальном парке наблюдаются пожары из-за человеческого фактора. Наглядный тому пример – пожар, вспыхнувший 1 августа 2021 г. на территории Зааминского национального парка.

В заключение, инцидент в Заамине является одной из техногенных трагедий, вызванных человеческим фактором. В результате пожара сотни травянистых растений, кустарников и деревьев, произрастающих на территории национального парка, сильно пострадали от десятков видов животных. Результатом стала экологическая катастрофа, от которой было трудно оправиться.

В целях предотвращения таких негативных последствий необходимо проводить разъяснительно-пропагандистскую работу среди населения, усилить контроль за территорией Национального парка, непосредственно привлекать местное население к содержанию парковой территории в чистоте и порядке.

Библиографический список

1. Изучение проблем сохранения биологического разнообразия и научных основ биологической безопасности / И. Д. Рузиева, М. А. Сафаев, Ш. Э. Камиллов, С. Д. Алижанов, Н. Р. Салимов, А. А. Уринова, Ж. А. Тулаев : монография. Ташкент : Изд-во «Fan Ziyosi», 2021. С. 9–35.
2. Пратов У. П., Набиев М. М. Современная система высших растений Узбекистана. Ташкент : Изд-во «Укитувчи», 2007. 64 с.
3. Абдуллаева Н. С. Меры по сохранению лесов в Зааминском Национальном Природном Парке // Материалы конференции молодых ученых. Термиз : Изд-во «Тафаккур», 2016. С. 654–655.
4. Губоцветные Зааминского национального природного парка / Н. С. Абдуллаева, О. К. Ходжиматов, Н. Х. Каршибоева, З. А. Янгибаева // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал). 2017. № 1. С. 1–7.
5. Книга учета и других данных объектов флоры / Заамин, 2020.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА «РЕЧНОЙ ДОЗОР» ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЭКОЛОГИЯ»

С. В. Топова

*ГБУ РК «Республиканский центр обеспечения функционирования
особо охраняемых природных территорий и природопользования»,
svtopova@gmail.com*

В статье представлен опыт реализации проекта по общественному экологическому мониторингу водных объектов «Речной дозор» в Республике Коми и важность его включения в федеральные проекты «Комплексная система мониторинга качества окружающей среды» и «Научное обеспечение

экологической деятельности, экологическое воспитание и просвещение» для достижения целей национального проекта «Экология» и осуществления устойчивого развития России.

Ключевые слова: национальный проект «Экология», общественный экологический мониторинг, качество воды, экологическое образование и просвещение.

Реализация национального проекта «Экология» способствует достижению одной из национальных целей развития Российской Федерации на период до 2030 г., определенных в Указе Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 [1], созданию комфортной и безопасной среды для жизни.

Принятие решений в области обеспечения комфортной и безопасной среды на всех уровнях государственной власти невозможно без владения достоверной экологической информацией о состоянии окружающей среды (ОС) в режиме реального времени.

В июле 2021 г. началась реализация федерального проекта «Комплексная система мониторинга качества окружающей среды» в рамках национального проекта «Экология», который включает в себя создание комплексной информационной системы мониторинга состояния ОС в России [2]. Будущая система экомониторинга должна обеспечить сбор информации о состоянии ОС по всей стране и к 2030 г. связать данные, в том числе находящиеся в разных информационных системах, о воде, почве, воздухе, недрах, выбросах и поглощении парниковых газов, а также источниках негативного воздействия на ОС и объектах накопленного экологического вреда.

В нашей стране, кроме государственного и производственного экологического мониторинга, осуществляется общественный экологический мониторинг состояния ОС, который реализуется в том числе в образовательных организациях в рамках внеурочной работы школьников. Это выявление, фиксация и информирование контрольно-надзорных органов в области охраны ОС с помощью общественных активистов, школьников и студентов о фактах нарушения экологического состояния ОС в различных регионах России.

Одним из таких проектов является проект «Речной дозор» – это уникальный экологический проект по общественному мониторингу водных объектов, который представляет собой форму общественного контроля и направлен на экологическое просвещение населения и воспитание ответственности каждого человека за свои действия по отношению к природе. Инициатором и руководителем всероссийского проекта является некоммерческий фонд «Без рек как без рук».

Проект реализуется с 2019 г. в 8 регионах России, в том числе в Республике Коми – втором регионе, который включился в проект. В Республике Коми проект «Речной дозор» реализуется на протяжении трех лет по инициативе общественной организации Коми отделение «РЭО», педагогов и учителей

естественно-научного цикла образовательных организаций. В проекте участвуют исключительно школьники 6–11 классов. Реализация проекта возможна благодаря спонсорской поддержке крупных предприятий региона: АО «Транснефть-Север» и ООО «Газпром трансгаз Ухта».

В настоящее время мониторинг осуществляется с помощью современного и удобного в использовании оборудования в 10 населенных пунктах 7 муниципальных образований Республики Коми, а также в г. Мезень Архангельской области. Школьники исследуют качество воды 6 рек (Вычегда, Сысола, Мезень, Ижма, Большая Инта и Каджеромка) по следующим показателям: прозрачность, pH, концентрация растворенного кислорода и углекислого газа, солесодержание, кислотность и щелочность, жесткость, содержание фосфатов, нитратов, железа.

Особенность реализации проекта в Республике Коми – уникальное направление работы каждого поста. В период с 2020 по 2021 гг. Сыктывкарский пост «Речного дозора» проводил исследования содержания микропластика в реках Сысола и Вычегда в районе с. Шошка, с. Корткерос и АО «Монди Сыктывкарский ЛПК». Школьники Усогогорского поста (Удорский район, р. Мезень) проводят мониторинг загрязнения снежного покрова и качество воды из подземных источников на территории своих населенных пунктов. В г. Мезень Архангельской области школьники исследуют качество воды в устье р. Мезень. На территории речного бассейна р. Каджеромка (МО ГО «Печора») пролегает магистральный нефтепровод Уса-Ухта компании АО «Транснефть-Север». В случае аварийной ситуации дозорные смогут вовремя выявить загрязнение и сообщить об этом в надзорные органы. В с. Аджером Корткеросского района школьники исследуют влияние коммунальных сточных вод на качество воды в р. Вычегда. В Сыктывдинском районе «дозорные» исследуют влияние сельского хозяйства на состояние водных объектов.

Все данные о состоянии исследуемых рек направляются в Минприроды Республики Коми, открыты и размещаются на официальном сайте организатора всероссийского проекта – фонда «Без рек как без рук». По результатам исследований за 3 года исследуемые показатели оставались в норме, концентрации анализируемых веществ были в пределах фоновых значений, а превышения ПДК такого показателя, как железо, обосновано природными особенностями территории. Микропластика в местах отбора проб не обнаружено. Влияние сельскохозяйственной и промышленной деятельности на водные объекты незначительное.

Реализация проекта решает еще одну важную задачу, закрепленную в национальном проекте «Экология» – повышение экологической культуры граждан, в том числе подрастающего поколения.

Участники проекта не только проводят исследования качества природных вод и состояния водных объектов, ребята выступают с исследовательскими работами на научных конференциях и конкурсах, публикуют свои результаты в местных газетах, выступают на телевидении, организуют экопро-

светительские площадки во время проведения природоохранных акций. Кроме того, важным направлением работы является проведение дополнительного обучения школьников. Так, за 3 года были проведены занятия о методах отбора проб воды, качественного и количественного анализа воды из водных объектов, о проблемах водных объектов Республики Коми для более чем 150 школьников г. Сыктывкара.

Связь с «дозорными» и с фондом «Без рек как без рук» обеспечивается дистанционно: проводятся онлайн семинары, вебинары и т. п. [3]. Прорабатывается вопрос организации межрегионального слета участников проекта «Речной дозор» с целью обмена опытом, обучения новым методам исследования воды и проработки перспектив развития проекта.

Проект «Речной дозор» и подобные ему проекты по общественному экологическому мониторингу могут быть полезны при реализации нового федерального проекта «Комплексная система экологического мониторинга». Результаты общественного экологического мониторинга могут быть использованы при определении контрольных точек сбора информации о состоянии ОС. Анализ данных общественного экомониторинга укажет на наиболее уязвимые природные объекты для включения их в государственную систему экологического мониторинга, и, наоборот, – поможет определить устойчивые природные территории для исключения их из сети экомониторинга.

Использование и публикация данных, полученных в результате общественного экологического мониторинга, в будущей информационной системе позволит не только принимать взвешенные решения, касающиеся природопользования и охраны ОС, но также даст возможность гражданам Российской Федерации иметь доступ к достоверной информации о состоянии ОС и повысит уровень доверия населения к экологической информации в России.

Внедрение проектов подобных «Речному дозору» в разрабатываемый Федеральный проект «Научное обеспечение экологической деятельности, экологическое воспитание и просвещение» национального проекта «Экология», расширение сети общественного экологического мониторинга, централизованный контроль за выполнением поставленных целей и задач позволит вовлекать обучающихся со всей России в решение социально-экологических проблем, будет способствовать экологическому воспитанию и повышению экологической осознанности детей и молодежи.

Кроме того, в настоящее время на состояние рек по всему миру влияет изменение климата. Обеспечение устойчивости к климатическим изменениям становится одной из важнейших задач, поскольку изменение климата негативно сказывается на качестве и количестве водных ресурсов, на температуре воды и связанных с водой экосистем. В свою очередь, и пресноводные экосистемы играют важную роль в формировании и изменении климата.

Мониторинг качества воды позволяет выявлять даже незначительные межсезонные и многолетние колебания основных показателей, делать выводы о влиянии изменения климата и антропогенной деятельности на состояние

водных объектов и их экосистем, а также прогнозировать будущие изменения и последствия.

В связи с нарастающей актуальностью проведения исследований в области климатических изменений, проект «Речной дозор» в Республике Коми планируется вывести на новый уровень и расширить направления исследований и количество показателей. Новый проект по общественному экологическому мониторингу в образовательных организациях, которые уже участвуют в проекте «Речной дозор», должен включить в себя новые направления мониторинга, а именно исследование влияния антропогенной деятельности и климатических изменений на качество и химический состав почв, атмосферного воздуха, развитие растений, а также исследования в области эмиссии и поглощения климатически активных газов. Данная работа позволит создать хорошую научно-исследовательскую базу в области изучения климатических изменений в республике и воспитать кадры, которые в будущем будут принимать экологически осознанные решения в своей профессиональной деятельности для реализации устойчивого развития региона.

В связи с вышесказанным, считаем, что проект «Речной дозор» и подобные ему проекты по общественному экологическому мониторингу должны войти в состав федеральных проектов «Комплексная система мониторинга качества ОС» и «Научное обеспечение экологической деятельности, экологическое воспитание и просвещение» для эффективной реализации национального проекта «Экология». Кроме того, поддержка и координация проектов по общественному экологическому мониторингу в образовательной среде на федеральном уровне будет способствовать расширению сети экологического мониторинга, вовлечению подрастающего поколения в реализацию нацпроекта «Экология» и воспитанию экологически ответственных граждан для осуществления устойчивого развития нашей страны.

Библиографический список

1. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».
2. Экомониторинг: какой будет новая составляющая нацпроекта «Экология» [Электронный ресурс]. – URL: <https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/news/-ekomonitoring-kakoy-budet-novaya-sostavlyayushchaya-natsproekta-ekologiya> (дата обращения: 23.03.2022).

ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ СРАБОТКИ И ГЛУБИНЫ ОСУШЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТОРФОМАССИВА «ГАДОВСКОЕ» ОРИЧЕВСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Е. А. Юмшанова, А. Н. Уланов

*Вятский государственный агротехнологический университет,
yumshanova.evgeniya@mail.ru, bolotoagro50@mail.ru*

В статье представлена информация о результатах исследования эмиссии CO_2 на высушенных участках торфяника, занятого возделываемыми культурами. Определены ключевые факторы, способствующие увеличению выделения углекислого газа.

Ключевые слова: эмиссия CO_2 , высушенные торфяники, растительные ресурсы, торф, торфо-образовательные процессы, урожайность.

Одним из показателей биологической активности почвы является ее «дыхание», определяемое через интенсивность выделения углекислоты. Торфяные почвы отличаются более низкой аэрацией, повышенным содержанием углекислого газа и пониженным – кислорода.

Почвенное «дыхание» является результатом деятельности микроорганизмов и корней растений, а также химических процессов, происходящих в почве: выделения CO_2 при минерализации гумусовых веществ и мертвого органического вещества (наземного и подземного растительного опада, отмерших микроорганизмов и животных) [1].

Наибольшее выделение CO_2 из почвы наблюдается в период максимального роста трав. По данным Б. Н. Макарова (1988), под травами на торфяных почвах выделяется в 1,5–2 раза больше CO_2 , чем в пару.

При уровне стояния грунтовых вод 100–110 см и содержании воздуха в слое почвы 0–35 см – в почве создается благоприятный газовый режим для получения максимального урожая сельскохозяйственной продукции. Содержание углекислоты в почвенном воздухе возрастает до 12–13% при длительном затоплении сельскохозяйственных угодий и высоком уровне стояния грунтовых вод, что сразу приводит к снижению урожайности [2].

В работе А. Н. Уланова (2005) подчеркивается, что биохимическая обстановка профиля, реагирующая на изменение газового режима и уровня грунтовых вод, оказывается более чувствительной к длительной переосушке, чем к временному весеннему переувлажнению.

Повышению интенсивности эмиссии CO_2 способствует хорошая прогреваемость ($> 20^\circ\text{C}$) верхнего (0–5 см) слоя почвы на фоне выпадения достаточного для хорошего увлажнения почвы количества осадков, не приводящих к ее затоплению. Одно лишь повышение температуры почвы при недостаточной ее влажности приводит к пересыханию всего пахотного горизонта и способствует снижению эмиссии CO_2 , также как и повышение влажности (вплоть до затопления) на фоне низкой температуры почвы [3].

В качестве объекта исследования были выбраны торфяные почвы с разным уровнем грунтовых вод для определения выделения углекислого газа на территории Лугоболотной опытной станции.

Наблюдения проводились на территориях, засеянных кормовыми культурами: многолетние бобовые и злаковые травы (60%), однолетние силосные и зернофуражные (40%).

Определена интенсивность выделения углекислого газа из почвы по методу Штатнова. В ходе опыта фиксировались полевые замеры CO_2 и рассчитывались по формуле (табл.).

Таблица

Выделение CO_2 , кг/га в час

Вариант	Весна 30.05.2019	Осень 10.09.2019
У водоема	0,374	1,109
Зона зарастания, 0–5 см	0,852	–
Зона зарастания, УГВ 60–80 см	0,923	1,203
Глубоко осушенная почва	–	0,969
Восстановление (у канала)	–	1,413

Результаты данных от 30.05.19 в таблице показали, что интенсивность выделения углекислого газа наблюдалась в зоне зарастания, где уровень грунтовых вод находится на отметке 60–80 см. Меньше CO_2 выделилось на участке около водоема.

Результаты данных от 10.09.19 в таблице показали, что более высокая интенсивность выделения CO_2 наблюдалась в зоне восстановления у канала, где грунтовые воды находятся на достаточно близком расстоянии от поверхности земли. Наименее интенсивный выброс углекислого газа зафиксирован на участке с глубоко осушенной почвой.

Сравнив разно осушенные участки с одним типом почвы и одной культурой мы попытались установить степень влияния уровня грунтовых вод на интенсивность эмиссии CO_2 из почвы. Полученные в результате наблюдений данные, позволили прийти к выводу, что УГВ глубже 90 см, вероятно, не оказывает влияния на интенсивность эмиссии CO_2 из почвы, в то время как более близкое его залегание к поверхности способствует некоторому угнетению этого процесса.

Наиболее неблагоприятные условия для эмиссии CO_2 из почвы складываются при низких показателях и температуры и влажности вместе.

По данным А. Н. Уланова максимальный пик эмиссии CO_2 приходится на летние месяцы. В зависимости от климатических условий года и биологических особенностей возделываемой культуры, пик эмиссии в течение вегетационного периода смещается от июня до августа. Однако, в отдельных случаях, максимальный пик эмиссии CO_2 приходился и на конец мая (2014 – многолетние травы, 2015 – многолетние травы и лядвенец рогатый).

Гораздо более отчетливо на протяжении всех лет наблюдений на вариантах под лядвенцем рогатым (*Lotus corniculatus*) прослеживалась прямая зависимость между интенсивностью выделения CO_2 из почвы и выпадением атмосферных осадков. Подобная зависимость отмечалась также на всех вариантах, за исключением многолетних злаковых трав, максимальный пик эмиссии на которых пришелся на конец мая. Несмотря на то, что осадков в конце весны было мало, почва, тем не менее, находилась после снеготаяния в достаточно увлажненном состоянии, а верхний ее слой (0–5 см) уже хорошо прогрелся ($> 20^\circ\text{C}$). Высота многолетних трав к этому моменту составляла в

среднем 40–45 см, в то время как лядвенец рогатый первого года сева только начал показывать всходы, а зерновые и вовсе еще не взошли. Поэтому бурно развивающиеся надземная и подземная фитомассы многолетних трав, совместно с активизировавшейся почвенной микрофлорой послужили причиной высоких показателей дыхания почвы в поздневесенний период [3].

Такие факторы как плодородие почвы, повышение температуры при достаточной обеспеченности почвы влагой, внесение минеральных и органических удобрений, а также фаза интенсивного развития растения и высокое содержание микроорганизмов в почве способствуют усилению эмиссии CO₂ из почвы.

Таким образом, длительная луговая культура в процессе фотосинтеза утилизирует значительную часть CO₂, образующегося из почвы при дыхании.

Библиографический список

1. Смирнова А. В., Уланов А. Н. Трансформация органического вещества низинных торфяных и выработанных почв в условиях южной тайги евро-северо-востока России : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. СПб., 2015. 21 с.
2. Макаров Б. Н. Газовый режим почвы. М. : Агропромиздат, 1988. 104 с.
3. Уланов А. Н. Торфяные и выработанные почвы южной тайги Евро-Северо-Востока России. Киров, 2005. 320 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ И ВОДНОМ ОБЪЕКТЕ ПАРКА МАЛИНОВКА КРАСНОГВАРДЕЙСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Ю. Г. Матвеева, В. В. Солдатова

ФГАОУ ВО «НИУ ИТМО»,

matveevajg@mail.ru, soldatova2799@gmail.ru

В данной статье рассматриваются результаты мониторинга загрязнения окружающей среды на примере западного пруда на территории парка Малиновка Красногвардейского района, который представляет собой важный рекреационный объект, нуждающийся в контроле содержания загрязняющих веществ. Данный пруд является местом обитания многих видов животных, а также местом отдыха и часто несанкционированной рыбалки жителей близлежащей селитебной зоны. В ходе работы были проанализированы данные предыдущих лет, проведены сравнения полученных результатов с предельно допустимыми значениями и выявлены превышения.

Ключевые слова: водные объекты, рекреация, экологический мониторинг, тяжелые металлы, почва.

Актуальность мониторинга водных объектов и почвенного покрова заключается в своевременном выявлении основных проблем, связанных с

нарушением экологического баланса. Этот вопрос стоит особенно остро в промышленных районах города.

Целью исследования стало определение содержания химических веществ в воде и почве физико-химическими, физическими, химическими и органолептическими методами на примере проб из пруда парка Малиновка.

Красногвардейский район образован 13 апреля 1973 года и расположен в северо-восточной части Санкт-Петербурга на правом берегу Невы, занимает территориально 4% от общей площади города – 56,8 кв. км., на которых проживает около 7% населения Санкт-Петербурга – 357906 человек [1].

На территории района есть промышленные предприятия, являющиеся основными эмитентами выбросов ацетона (18,6% от общегородского количества) и толуола (17,6%). Негативно влияет на состояние атмосферного воздуха и почвы наличие в районе большого количества железных дорог. В районе Большой и Малой Охты ПДК по основным источникам загрязнения превышены более, чем в три раза. Максимальное загрязнение (более 3 ПДК): Заневский проспект, проспект Шаумяна, Якорная улица, проспект Маршала Блюхера, часть проспекта Энергетиков. Более 2-х ПДК: начало проспекта Косыгина, вдоль улицы Большая Пороховская. Остальная часть района – более 1 ПДК, за исключением окраины города в сторону Всеволожского района (табл. 1) [2].

Таблица 1

**Основные источники загрязнения атмосферного воздуха
в Красногвардейском районе**

№ на карте	Предприятие	Адрес
1	АО «НПП «Краснознаменец»	195043, С-Пб., ул. Челябинская, 95
2	ОАО «Пластполимер»	195197, С-Пб., Полюстровский пр., 32
3	ОАО «Слоистые пластики»	195248, С-Пб., ш. Революции, 84
4	Комбинат химико-пищевой ароматики	195027, С-Пб., ул. Партизанская, 11
5	АО «Знамя труда»	195027, С-Пб., Магнитогорская, 11
6	ООО «Пигмент»	195248, С-Пб., Новомалиновская дор., 18
7	ОАО «Русские самоцветы»	195112, С-Пб., пл. Карла Фаберже, 8
8	АООТ «Северная заря»	194100, С-Пб., ул. Кантемировская, 7
9	АО «Северный пресс»	195196, С-Пб., ул. Таллинская, 7
10	ОАО «Санкт-Петербургский завод «полимерстройматериалы»	195248, С-Пб., Ириновский пр., 1

Пруды на территории парка Малиновка включены в список объектов адресной программы уборки акваторий водных объектов Санкт-Петербурга от наплывных загрязнений и мусора на 2021 г. Включена вся акватория по периметру. Сброс загрязняющих веществ в водные объекты не производится, из антропогенного воздействия отмечается замусоривание, возможно привнесение химических веществ с осадками из атмосферы, либо смыв с почвы осевших поллютантов.

Данные водные объекты используются в рекреационных целях и не служат хозяйственно-питьевым, культурно-бытовым или рыбохозяйственным целям, поэтому в них не проводится мониторинг содержания загрязняющих веществ, а купание там запрещено. Однако, при посещении парка мы не сталкивались с рыбаками, которые производили вылов рыбы из данных прудов. Это объясняет необходимость проведения исследования содержания загрязняющих веществ в воде и проведения информирования населения о недопустимости использования прудов для лова рыбы с последующим ее употреблением в пищу.

Согласно постановлению правительства РФ от 28 февраля 2019 г. N 206, водный объект является местом обитания водных биологических ресурсов, а поскольку точно определить его категорию по водному кодексу невозможно, то в дальнейших сравнениях полученных результатов мы ориентировались на нормы содержания этих веществ для водных объектов рыбохозяйственного назначения, если для данного показателя такие нормы установлены [3, 4].

Были отобраны пробы воды из западного пруда парка Малиновка, около смотровой площадки. Пробы почвы отбирались также вблизи смотровой площадки у береговой линии пруда (рис.).

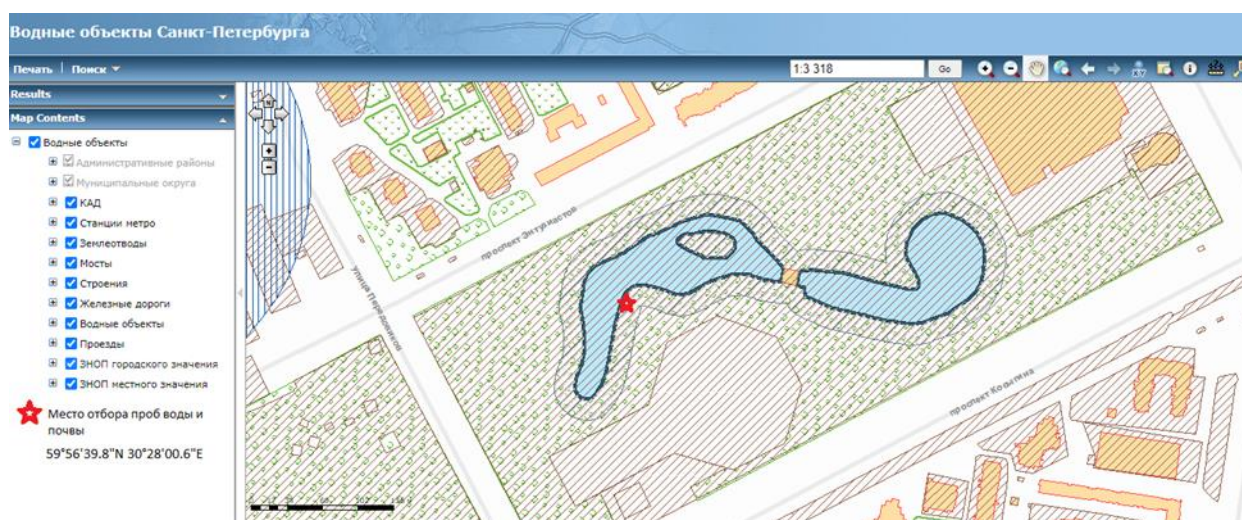


Рис. Место отбора проб в парке Малиновка на западном пруде

В ходе исследования были отобраны 3 дискретные пробы воды из западного пруда б/н парка Малиновка в указанной точке рядом со смотровой площадкой с координатами 59°56'39.8"N 30°28'00.6"E. Отбор производился с глубины 0,50–0,25 м в пластиковую тару объемом 1,5 л каждая. В ходе отбора фиксировалась температура воды и прочие параметры, отраженные в акте отбора проб. Затем пробы в течение двух часов транспортировались в лабораторию, где были помещены в темное место при +2/+5 °С (холодильник). Для определения показателей использовали методики ГОСТ и ПНДФ для соответствующих веществ.

Таблица 2

Результаты измерений проб воды из пруда в парке Малиновка

Показатель/ Характеристика	ХПК, мгО/дм ³	Жоб, мг- экв/дм ³	Мутность, см	Цветность, градус цветности	Нитрит- ионы, мг/дм ³	рН
Значение	6,50±1,26	4,70±0,33	12,5±4 мутная	98,0±9,8	0,011±0,001	7,6±0,6
ПДК	30	7	прозрачная ≥30	50	0,08	7,0
Сравнение с ПДК	0,22	0,67	Более	1,96	0,14	—

Определение показателей качества воды в западном пруду парка Малиновка выявил соответствие нормативным показателям таких параметров, как химическое потребление кислорода, общая жесткость, нитриты и рН, в то время как показатель цветности воды превышал норматив в 2 раза, а по шкале мутности отобранные образцы были охарактеризованы как мутные. Такие результаты могут быть обусловлены присутствием окрашенного органического вещества (главным образом гуминовых и фульвовых кислот, связанных с гумусом почвы). Почвенный покров парка представлен черноземными почвами, которые могут давать такую интенсивную окраску воде. Этот же факт может обуславливать высокую мутность воды, также как и факт замусоривания и накопления органических остатков (скошенная трава, опавшие листья) в водоеме.

Пробы почвы отбирались в том же месте, где и пробы воды, использовался пластиковый совок, чтобы не допустить искажения результатов содержания тяжелых металлов в почве. Была заложена пробная площадка 1м*1м, исходя из неоднородности покрова почвы и условий среды. Пробы отбирали методом конверта – 5 проб по 500 г каждая, после чего почва помещалась в маркированный полипропиленовый пакет и транспортировалась в лабораторию. Там точечные пробы объединили в одну смешанную и высушили до воздушно-сухого состояния.

Для установления соответствия результатов исследования санитарно-гигиеническим нормам, был взят за основу норматив ГН 2.1.7.2041-06 – «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве». Эти значения представлены в предпоследней строке таблицы 3.

Таблица 3

**Соотношение полученных значений с нормативами качества
окружающей среды**

Элемент Значение	Sr, мг/кг	Pb, мг/кг	As, мг/кг	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг	Ni, мг/кг	Co, мг/кг	Fe ₂ O ₃ , %	Cr, мг/кг	V, мг/кг	TiO ₂ , %
Ср. знач.	251,6	42,3	16,6	194,0	17,6	20,0	0,3	2,5	58,3	52,3	0,4
ПДК, мг/кг	171,9	130,0	10,0	220,0	132,0	80,0	5,00	—	100,0	150,0	—
≥ПДК	1,46	0,33	1,67	0,88	0,13	0,25	0,07	—	0,58	0,52	—

Результаты анализа выявили превышение регионального фонового уровня стронция в 1,46 раз и ПДК мышьяка в 1,67 раз. Вследствие высокой промышленной нагрузки на район исследования наблюдаются превышения допустимых концентраций этих элементов. Основные области применения стронция и его химических соединений – это радиоэлектронная промышленность, пиротехника, металлургия, пищевая промышленность. Мышьяк используется в качестве легирующей добавки, а также в технологических процессах по производству стекла, красителей, тканей, бумаги, клея для металлов. Наличие производств подобной специализации в исследуемом районе обуславливает превышение нормативных показателей упомянутыми веществами.

Помимо тяжелых металлов, был установлен показатель рН водной и соляной почвенных вытяжек:

$$\text{pH (водная вытяжка)} = 6,70 \pm 0,02$$

Реакция раствора, близкая к нейтральной (рН 6,5–7,0), наблюдается у обыкновенного и мощного черноземов, к которым можно отнести и проанализированную пробу почвы.

$$\text{pH (солевая вытяжка)} = 5,90 \pm 0,69$$

Это скрытая кислотность, но при действии на почву нейтральных солей она переходит в актуальную и оказывает отрицательное влияние на развитие растений. Реакция отобранной пробы может быть охарактеризована как слабокислая, поскольку значение лежит в интервале 5,6–6,5.

В 2020 году были проведены исследования концентраций загрязняющих веществ в том же пруду парка Малиновка. Ниже (табл. 4) представлена сравнительная таблица показателей, которые проводились как в 2020 г., так и в 2021 г.

Таблица 4

Сравнение результатов измерений за 2020 и 2021 гг.

Показатель, размерность	2020 г.	2021 г.
ХПК, мгО/дм ³	32,0±3,3	6,5±1,3
Цветность, градус цветности	50±10	98±10
рН акт. (водная почв. вытяжка), единиц рН	8,90±0,02	6,70±0,02
рН потенц. (соляная почв. вытяжка), единиц рН	8,00±0,69	5,90±0,69

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что химическое потребление кислорода значительно снизилось, в то время как показатель цветности, наоборот, увеличился в 2 раза. Такая ситуация может быть обусловлена как разницей в температурах и, соответственно, процессах окисления в водоеме, так и антропогенным фактором (очистка водного объекта от мусора, в том числе органического типа скошенной травы/опавших листьев). Что касается рН почвенных вытяжек, то повышение их кислотности до нормального уровня может быть обусловлено изменением точки отбора пробы, поскольку почвенный покров отличается в каждом конкретном месте у пруда.

Таким образом, показатели качества водной среды пруда в парке Малиновка находятся в пределах нормы, за исключением мутности, норматив по которой превышен вдвое. Содержание тяжелых металлов и их соединений в почвенном покрове для большинства показателей находится в пределах допустимых нормативов, однако стронций и мышьяк превышают допустимые значения в 1,46 и 1,67 раз соответственно, что обуславливаются специализацией производств в районе исследованного объекта. С выбросами предприятий данные элементы распределились в атмосфере в соответствии с розой ветров и с пылевыми частицами либо осадками попали в почву, где с течением времени аккумулировались.

Библиографический список

1. Администрация Санкт-Петербурга: Красногвардейский район [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/terr/krasnogvard/> (дата обращения: 13.10.21).
2. Дуброва А. А. Проблемы устойчивого развития Красногвардейского района Санкт-Петербурга : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08. СПб., 2017. 20 с.
3. Правительство Российской Федерации постановление от 28 февраля 2019 года N 206 Об утверждении Положения об отнесении водного объекта или части водного объекта к водным объектам рыбохозяйственного значения и определении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/553834834> (дата обращения: 13.10.21).
4. Даринский А. В., Асеева И. В. География Санкт-Петербурга // Специальная Литература. 1995. С. 11. 107 с.

СЕКЦИЯ 4 ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

СУММАРНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПОЧВЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В. Е. Крийт, Ю. Н. Сладкова, О. В. Волчкова, Д. Н. Складар
ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», v.kriit@s-znc.ru

В статье представлен опыт применения суммарного показателя загрязнения для оценки качества почвы, а также донных отложений, извлекаемых из водных объектов при проведении дноуглубительных работ, с целью решения вопроса их дальнейшего использования. Обоснована необходимость детализации правил расчета показателя суммарного загрязнения для получения объективной оценки качества почв и донных отложений.

Ключевые слова: почва, донные отложения, нормирование, коэффициент концентрации, суммарный показатель загрязнения, фоновый уровень.

В почвах городских и сельских поселений согласно п. 117 санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» содержание потенциально опасных химических веществ не должно превышать гигиенические нормативы.

Гигиенические нормативы химических веществ в почве, а также степени химического загрязнения почвы представлены в IV разделе СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». В соответствии с п. 21 данного документа оценка степени химического загрязнения почвы веществами неорганической природы проводится с учетом класса их опасности, ПДК и максимального значения допустимого уровня содержания элемента K_{max} по одному из 4 показателей вредности. Однако допустимые уровни содержания элемента можно найти только в приложении 7 методических указаний МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест».

Россия занимает одно из лидирующих мест в мире по общему числу разработанных нормативов валового содержания и подвижных форм химиче-

ских элементов в почвах [1]. Гигиенические нормативы химических веществ в донных отложениях, являющихся по выражению В. И. Вернадского «подводной почвой», в России на сегодняшний день не установлены и контроль состава донных отложений водных систем проводится с применением разных критериев оценки [2-4]. Необходимо отметить, что разработаны некоторые региональные нормативы содержания ряда химических веществ в донных отложениях. В качестве примера можно привести разработанные ОАО «Ленморниипроект» в 1996 году «Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга», область применения которых ограничена оценкой качества донных отложений, извлекаемых из водных объектов при проведении дноуглубительных работ, и решением вопросов их дальнейшего использования. Порядок использования донного грунта, извлеченного при проведении дноуглубительных работ, связанных с изменением дна и берегов водных объектов, определен Приказом Минприроды России от 15.04.2020 г. № 220. Согласно данному документу донный грунт имеет широкий спектр применения, в т.ч. для организации благоустройства территории, а также создания искусственных земельных участков. При этом грунты и смеси, используемые в целях благоустройства населенных территорий, должны отвечать гигиеническим требованиям к качеству почв (п. 123 СанПиН 2.1.3684-21).

Одним из наиболее простых способов оценки уровня загрязнения грунтов (в том числе почвы и донных отложений) тяжелыми металлами и мышьяком считается использование суммарного показателя загрязнения Z_c . Несмотря на то, что показатель Z_c не учитывает степень токсичности тяжелых металлов (класс опасности) [5, 6] и особенность их распределения в почвенном покрове [7], он позволяет оценить совместное воздействие элементов и учесть те элементы, для которых не разработаны нормативы. Данный индекс заимствован из геохимии [8] и вошел во многие нормативные документы. На сегодняшний день правила расчета суммарного показателя загрязнения представлены в СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест», ГОСТ 17.4.3.06-2020 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ», СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» и СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ». Однако из-за разных подходов к проведению расчетов данный индекс теряет свою значимость в итоговой оценке степени загрязнения грунтов. Основные вопросы, связанные с проведением расчетов, представлены как в литературных источниках [9–13], так и в учебных пособиях [14, 15]. Решения требуют два основных вопроса: получение объективных значений коэффициента концентрации определяемых химических элементов и определение числа суммируемых коэффициентов концентрации при расчете Z_c .

В соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 коэффициент концентрации химического элемента K_c определяется отношением фактического содержания определяемого элемента в почве к его региональному фоновому значению, согласно СП 11-102-97 и СП 502.1325800.2021 – равен кратности превышения содержания химического элемента над фоновым значением. Двойной подход к определению предлагает ГОСТ 17.4.3.06-2020, который дает возможность определять коэффициент концентрации химического элемента отношением его фактического содержания в почве как к среднему фоновому содержанию, так и к его предельно допустимой концентрации, что во втором случае приводит к значительному занижению значения суммарного показателя загрязнения. При отсутствии официальных данных о региональных фоновых концентрациях при соблюдении определенных требований допускается отбор фоновых проб для каждого выделенного типа почв вне зоны антропогенного загрязнения, а также использование справочных материалов или ориентировочных значений фоновых концентраций, представленных в СП 11-102-97 (табл. 4.1), СП 502.1325800.2021 (прил. Д), Письме Минприроды России от 27.12.1993 № 04-25/61-5678 (табл. 9). При этом необходимо отметить, что ориентировочные значения фоновых концентраций представлены в сводах правил только для средней полосы России (центрально-европейской части страны), а согласно письму Минприроды России – те же значения могут применяться без ограничений.

Суммарный показатель загрязнения изначально определялся как аддитивная сумма превышений коэффициентов концентрации над фоновым уровнем [8], в настоящее время согласно отдельным документам – равен сумме коэффициентов концентрации контролируемых химических элементов-загрязнителей. Изменения, внесенные в определение, приводят к разному подходу к проведению расчетов Z_c . В первом случае в расчет принимаются только химические элементы с $K_c > 1,0$; во втором случае – все определяемые химические элементы, в т.ч. те, концентрации которых ниже фоновых, а также меньше нижней границы диапазона измерений, что приводит к получению неоднозначных результатов.

Для иллюстрации результатов применения разных подходов к расчету суммарного показателя загрязнения приведены данные оценки степени загрязнения донных отложений, выполненной с целью решения вопроса об использовании донных отложений для намыва территорий на одном из объектов Ленинградской области. В ходе работ было отобрано 10 образцов донных отложений. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка проводилось на оптическом эмиссионном спектрометре ICPE-9000 методом АЭС-ИСП по методике М-МВИ-80-2008 «Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии» (ФР.1.31.2013.14150). Определялось содержание свинца, цинка, меди, кадмия, никеля, ртути, марганца, общего хрома, кобальта и мышьяка (табл. 1, 2). Величины фоновых значений содержания элементов в почвах были взяты из

приложения 5 «Статистические характеристики распределения фоновой выборки в почвах Ленинградской области» (А. В. Горький, В. В. Решетов, 1993 г.) публикации, выполненной в рамках проекта SE391 «Создание экологического информационного центра для предприятий» по программе «Приграничное сотрудничество в рамках Инструмента Европейского соседства и партнерства ИЕСП – ПС 2007-2013» (ENPI CBC 2007-2013) [15].

Таблица 1

Результаты исследования донных отложений

№ пробы	Валовое содержание определяемых веществ (C_i), мг/кг									
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	As	Hg	Cr	Co	Mn
1	15	37	7,9	0,32	9,1	0,062	0,030	2,8	4,3	47
2	7,8	28	9,1	0,30	9,5	<0,05	0,035	3,1	3,6	54
3	7,6	27	7,5	0,26	8,2	<0,05	0,041	2,9	3,1	49
4	6,8	19	8,0	0,21	7,6	<0,05	0,027	3,4	2,7	56
5	5,4	16	6,3	0,17	5,9	<0,05	0,024	2,5	3,8	50
6	14	42	11	0,39	12	0,071	0,031	4,3	4,9	62
7	9,0	38	11	0,30	9,7	0,066	0,021	3,9	4,1	71
8	8,5	31	12	0,33	10	<0,05	0,023	2,7	2,5	84
9	8,2	26	9,5	0,26	7,5	0,062	0,033	2,3	2,9	57
10	8,0	21	8,1	0,23	5,2	<0,05	0,050	3,2	3,4	32
Фон ($C_{\phi i}$)	18	43,1	19,11	0,17	15,3	2,62	0,03	12,5	4,1	117,7

Таблица 2

Коэффициенты концентрации определяемых химических элементов

№ пробы	Коэффициент концентрации ($K_c = C_i/C_{\phi i}$)									
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	As	Hg	Cr	Co	Mn
1	0,833	0,858	0,413	1,882	0,595	0,024	1,000	0,224	1,049	0,399
2	0,433	0,650	0,476	1,765	0,621	0,019	1,167	0,248	0,878	0,459
3	0,422	0,626	0,392	1,529	0,536	0,019	1,367	0,232	0,756	0,416
4	0,378	0,441	0,419	1,235	0,497	0,019	0,900	0,272	0,659	0,476
5	0,300	0,371	0,330	1,000	0,386	0,019	0,800	0,200	0,927	0,425
6	0,778	0,974	0,576	2,294	0,784	0,027	1,033	0,344	1,195	0,527
7	0,500	0,882	0,576	1,765	0,634	0,025	0,700	0,312	1,000	0,603
8	0,472	0,719	0,628	1,941	0,654	0,019	0,767	0,216	0,610	0,714
9	0,456	0,603	0,497	1,529	0,490	0,024	1,100	0,184	0,707	0,484
10	0,444	0,487	0,424	1,353	0,340	0,019	1,667	0,256	0,829	0,272

В анализируемых пробах не отмечено превышений ПДК/ОДК (табл. 4.1 СанПиН 1.2.3685-21), и, согласно таблицы 4.5 СанПиН 1.2.3685-21 (степени химического загрязнения почвы), по проанализированным нормируемым химическим показателям их можно отнести к категории «чистая» и рекомендовать к применению без ограничений в соответствии с приложением № 9 к санитарным правилам и нормам СанПиН 2.1.3684-21.

При расчете суммарного показателя загрязнения с учетом K_c всех определяемых элементов получены отрицательные значения Z_c в 9 из 10 проанализированных проб, что, в принципе, противоречит самому понятию «загрязнение». При расчете с учетом элементов, для которых $K_c > 1$, получены значения

Z_c от 1,24 до 2,52. В целом, значения суммарного показателя загрязнения во всех пробах, отобранных на данном объекте, менее 16 и не влияют на итоговую оценку степени загрязнения при разных подходах к расчету.

Однако, на примере одной пробы донных отложений, отобранной на объекте в Тульской области (проба № 1: Cu – 18 мг/кг, Zn – 60 мг/кг, Pb – 16 мг/кг, Cd – 0,2 мг/кг, Ni – 35 мг/кг, As – 2,6 мг/кг, Hg – менее 0,005 мг/кг), можно показать, как разные подходы к расчету приводят к получению разной категории загрязнения. Для данной пробы суммарный показатель загрязнения при учете в расчете всех определяемых элементов имеет значение 13,7 («допустимая» категория загрязнения), при учете только элементов с аномальным содержанием – 17,1 («умеренно опасная» категория загрязнения).

Таким образом, использование показателя Z_c для объективной оценки качества почвы и донных отложений возможно только при установлении единых четких правил расчета показателя суммарного загрязнения и применения фоновых значений.

Библиографический список

1. Семенков И. Н., Королева Т. В. Международные системы нормирования содержания химических элементов в почвах: принципы и методы (обзор) // Почвоведение. 2019. № 10. С. 1–10.
2. Степанова Н. Ю. Обзор существующих подходов к нормированию качества донных отложений // Успехи современной биологии. 2014. Т. 134, № 6. С. 605–613.
3. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Нормирование химических веществ в донных отложениях водных экосистем // Вода: химия и экология. 2011. № 8. С. 3–8.
4. Пространственно-временная динамика распределения тяжелых металлов в донных отложениях Волгоградского водохранилища / В. В. Новиков, М. Ю. Пучков, В. П. Зволинский, Е. Г. Локтионова // Фундаментальные исследования. 2013. № 6 (часть 2). С. 366–370.
5. Подлипский И. И. Эколого-геологическая характеристика полигонов бытовых отходов и разработка рекомендаций по рациональному природопользованию : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.36. СПб., 2010. 22 с.
6. Цехмистер Е. Н., Подлипский И. И. Разработка концепции оценки качества проведенной рекультивации объектов накопленного экологического ущерба на территории г. Санкт-Петербург // Сергеевские чтения: Вып. 20: Обращения с отходами: задачи геоэкологии и инженерной геологии. М. : РУДН, 2018. С. 47–51.
7. Лебедев С. В., Агафонова Е. К. Эколого-геохимическая оценка загрязнения окружающей среды по данным мониторинга содержания тяжелых металлов в почвогрунтах и снежном покрове (на примере Васильевского острова Санкт-Петербурга) // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. Т. 62. Вып. 4. 2017. С. 358–369.
8. Саэт Ю. Е., Раевич Б. А., Янин Е. П. Геохимия окружающей среды. М. : Недра, 1990. 335 с.
9. Смагин А. В. Ресурсная характеристика почв и вопросы экологического нормирования // Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель. М. : НИИ-Природа, 2013. С. 61–82.
10. Кунаков К. О. Противоречия в законодательстве и оценка категорий загрязнения почв тяжелыми металлами на стадии инженерно-экологических изысканий // Вестник государственной экспертизы. 2017. № 3. С. 96–99.

11. Прохорова Н. В. Ландшафтный подход в региональных эколого-геохимических исследованиях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2004. Т. 6, № 2. С. 259–265.
12. Андреев Д. Н., Дзюба Е. А. Суммарное химическое загрязнение почв тяжелыми металлами в различных биотопах на территории Вишерского заповедника // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 2 (2). С. 283–287.
13. Куракина Н. И., Шлыгина Н. С. Оценка состояния донных отложений по результатам контрольных измерений концентраций загрязняющих веществ в восточной части Финского залива // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2017. № 4. С. 72–78.
14. Попова Л. Ф., Наквасина Е. Н. Нормирование качества городских почв и организация почвенно-химического мониторинга. Архангельск, 2014. 107 с.
15. Пособие по вопросам изучения загрязненных земель и их санации / Н. Д. Сорокин, Е. Б. Королева, Е. В. Лосева, Н. В. Осинцева. СПб., 2012. 119 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К СБЕРЕЖЕНИЮ ПОЧВЕННОГО НАСЛЕДИЯ

*А. М. Прокашев^{1,2}, Е. С. Соболева¹, И. А. Вартан¹,
Т. В. Есипова¹, К. А. Чипилев¹*

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

² *Вятский государственный агротехнологический университет*

Излагаются представления о важности сбережения ценного регионального почвенного наследия вятской земли в составе охраняемых природных территорий ранга почвенных заказников и мини-заповедников в статусе зональных почвенных эталонов и раритетных почвенных объектов – кандидатов в Красную книгу почв.

Ключевые слова: зональные почвенные эталоны, редкие, уникальные и исчезающие почвы.

Актуальность проблемы сбережения почвенного покрова, наряду с другими природными объектами, вытекает из положения об уникальности и незаменимости почвенного покрова в силу выполнения им ряда важных функций: обеспечение существования жизни на Земле; поддержание постоянного взаимодействия большого геологического и малого биологического круговоротов веществ на земной поверхности; регулирование химического состава атмосферы, гидросферы и биосферных процессов; аккумуляция органического вещества и связанной в нем химической энергии и др. Инициаторы этого движения – Е. Д. Никитин, Г. В. Добровольский и другие выдвинули идею создания особых красных книг почв, подобно красным книгам растений и животных [1–5].

Реализация этой идеи длительное время сдерживалась ввиду отсутствия соответствующей нормативной базы в российском законодательстве. Положительному изменению ситуации способствовало принятие Правительством РФ в 2002 г. Федерального Закона № 7 «Об охране окружающей среды». В

нем, в частности, констатировано, что редкие и находящиеся под угрозой исчезновения почвы подлежат охране, и в этих целях учреждаются Красная книга почв Российской Федерации и аналогичные книги субъектов РФ [6]. Последнее стимулировало исследования в данном направлении [7–11].

Учеными уделяется внимание обоснованию научных подходов к созданию Красных книг почв (ККП), определению таксономического ранга и списка почв, нуждающихся в охране. По предложению одного из авторов настоящей публикации в первое издание Красной книги почв России [12] были включены паспортные данные о серии ценных почвенных объектов (ЦПО), выявленных на территории Вятского края. К настоящему времени собраны более полные материалы о наиболее интересных с научной и научно-познавательной точки зрения компонентах почвенного покрова (ПП), необходимые для постановки вопроса о включении в состав охраняемых природных территорий (ОПТ) региона особой – педогенной категории объектов сбережения природного наследия и создания Красной книги почв.

В качестве аргументации этой идеи нами выдвигается ряд общенаучных принципов и подходов, касающихся, в частности, обоснования и актуальности создания Красных книг почв: 1) феноменологический, 2) равноценность компонентов почвенного покрова, 3) приоритетность целинных почвенных объектов, 4) репрезентативность, 5) раритетность, 6) региональный, 7) зональный, 8) аazonальный, 9) катенарный, 10) естественно-исторический, 11) эвристический.

Феноменологический принцип – признание важности любого компонента в составе педосферы в качестве самобытного естественно-исторического тела. Это было признано уже на заре становления генетического почвоведения в положении об уникальности почв как особого – четвертого царства природы. Во второй половине XX в. оно получило развитие в учении о незаменимости ПП для выполнения ряда жизненно важных биосферных и антропосферных функций.

Принцип равноценности компонентов почвенного покрова означает относительную равнозначность представителей ПП независимо от занимаемой ими площади ввиду исключительной роли почвы как среды обитания организмов, тесно связанных с этим телом природы.

Региональный подход – учет местных природных условий и особенностей ПП любого из субъектов РФ. Для вятской земли к их числу следует отнести: нахождение в 3-х подзонах, неоднородность рельефа, разнообразие и пестрота материнских и подстилающих пород, принадлежность почв к подзолистому, серому лесному, дерновому, торфяному, аллювиальному типам педогенеза, полигенетичность ПП и некоторые др.

Принцип репрезентативности – включение в состав ККП и ОПТ основных представителей зональных, аazonальных и интразональных компонентов ПП, раскрывающих спектр местных почв, режимов и процессов почвогенеза.

Приоритетность целинных педообъектов как единственных эталонных образцов естественного ПП, служащих точкой отсчета при оценке пер-

вичного состояния почвенного покрова в условиях техногенеза. При том, что целинные почвы являются оптимальной естественной средой обитания, воспроизводства и эволюции большинства видов флоры и фауны, в т. ч. микробиоты.

Зональный подход предусматривает включение в состав ККП фоновых представителей ПП. На территории Кировской области, расположенной в подзонах средней, южной тайги и смешанных лесов, основными кандидатами в состав ОПТ должны быть подзолистые, дерново-подзолистые и серые почвы на суглинисто-глинистых породах.

Азональный, литогенный, подход служит дополнением к зональному с избирательным выбором почвообразующих – материнских пород по двум взаимодополняющим критериям: а) типичности и однородности – для зональных эталонов; б) экзотичности или уникальности субстратов, на которых сформировались те или иные почвенные разности, интересные с научной точки зрения. На вятской земле наиболее предпочтительным вариантом материнских пород для зональных почвенных эталонов являются покровные суглинки. Они известны во всех подзонах и в большинстве геоморфологических позиций, при этом отличаются рядом сравнительно стабильных базовых субстантивных свойств: однородность гранулометрического и химико-минералогического состава, сложения и др. К числу редких почво-грунтов можно отнести фосфоритоносные юрско-меловые отложения Вятско-Камского месторождения, а также еще более раритетные кремнистые посткарбонатные монтмориллонитовые глины – продукты выщелачивания известняков казанского яруса перми, обнаруженные авторами вблизи Атарской луки (Нолинский р-н).

Катенарный подход – сопряженное представление типов и подтипов почв автоморфного, полугидроморфного и гидроморфного рядов разных подзон, развитых на однородных материнских породах. Это позволяет в сравнительном плане полнее раскрыть географические закономерности функционирования почв и латерального вещественно-энергетического обмена между ними.

Естественно-исторический подход – выбор объектов с учетом региональной истории развития ПП в послеледниковье и/или в более ранние этапы эволюции ландшафтов. Для вятской земли он имеет особое значение в силу ее положения на контакте таежных и лесостепных биомов. В предбореальную, бореальную, атлантическую, суббореальную и субатлантическую стадии голоцена здесь имели место существенные изменения климата, миграция природных зон и смена направленности почвообразования [13]. Следствием этого оказалось формирование ряда типов почв с признаками полигенеза в виде реликтовых – остаточных и погребенных гумусовых горизонтов и т. п. Такими, например, почвы со вторыми гумусовыми горизонтами (ВГГ), известные в составе группы типов почв региона.

Принцип раритетности компонентов ПП тесно связан с изложенным выше подходом. Его суть заключается в ранжировании компонентов с учетом их научной ценности, угрозы деградации и исчезновения тех или иных таксо-

нов. Он касается практически всех почв с полигенетическим профилем Кировской области, а также интенсивно эксплуатируемых почв серого и некоторых других типов.

Потенциальные кандидаты в состав региональных ОПТ и ККП можно сгруппировать следующим образом.

1. Эталонные почвы: а) основные эталоны, б) локальные эталоны, в) эталонные комплексы.

2. Редкие почвы: а) уникальные, б) редкие на территории РФ, в) редкие на территории Кировской области, г) исчезающие.

К числу основных эталонов предлагается отнести зональные типы и подтипы почв – подзолистые, дерново-подзолистые, серые, сформированные в плакорных условиях под целинными или условно коренными лесами на покровных суглинках, известные в соответствующих подзонах области, в том числе на территории Северных и Вятских увалов, ГПЗ «Былина», Мари-Турекского плато.

Критериями выделения локальных эталонов являются особенности литологии почвообразующих пород, рельефа, гидротермического режима или исторического развития. На территории вятской земли в качестве таковых перспективны почвы на моренных суглинках, элювии пермских глин или на двучленных отложениях. Они достаточно распространены в средне-, южнотажных и, отчасти, смешанно-лесных ландшафтах нашего края.

В качестве зональных эталонных комплексов с комбинациями почв, обусловленных мезо- и микрорельефом, представляют интерес плоско-волнистые плато южного правобережья Вятки. Здесь вдоль склонов можно выделить почвенные серии: серые – серые темногумусовые – серые темногумусовые глееватые – серые темногумусовые глеевые почвы.

К категории эталонов редких почв принято относить те, которые формируются на малораспространенных породах, в необычных гидротермических условиях, характеризуются сложной историей развития. С позиции естественно-исторического подхода сюда предлагается включить прежде всего почвы с ВГГ и с погребенными гумусовыми горизонтами (ПГГ). Эти полигенетические педообъекты являются одновременно редкими, уникальными, и/или исчезающими, так как представляют собой реликты более ранних стадий голоцена. Они выявлены в составе ареалов междуречных и, в меньшей степени, долинных ландшафтов. Среди них наиболее характерными являются почвы с остаточными от более ранних эпох педогенеза ВГГ, лежащими на уровне современных приповерхностных гумусово-аккумулятивных AU(B)[hh] или аккумулятивно-элювиальных AEL[hh] горизонтов. ВГГ обнаруживают близкий (около 5–9 тыс. лет) возраст гуминовых кислот, соответствующий раннему и среднему бореально-атлантическому времени голоцена. Данные почвы образовались в ходе смещения к северу природных зон, при ином сочетании факторов педогенеза, более соответствующим былым лесостепным обстановкам.

Вслед за возвратным смещением бореальных ландшафтов к югу во второй половине голоцена они вступили в фазу аккумулятивно-элювиального

почвообразования и деградации органоминеральной фазы почв. Как следствие, признаки раннеголоценовой аккумулятивной стадии педогенеза в разной степени сохранились в морфологии и субстантивных свойствах ряда полигенетических почв. К их числу относятся остаточные темноцветные ВГГ с древним возрастом и гуматно-кальциевым составом органического вещества, а также некоторыми другими маркерами бывшей биоаккумулятивной стадии почвогенеза. При сохранении сложившегося около 5 тыс. лет назад спонтанного деградационного тренда эволюции можно ожидать полного стирания с почвенной карты области почв с ВГГ в ближайшие сотни и тысячи лет. Заслуживают охраны и дерново-подзолистые почвы с ВГГ, локально развитые на мореноподобных наносах Чепецко-Кильмезской возвышенности. Не меньшую ценность представляют серые почвы с ВГГ и ПГГ на надпойменных террасах рек юга Кировской области.

Эвристический подход предполагает вероятность выявления в ходе работ по сохранению природного наследия новых, неизвестных научному сообществу ценных почвенных тел. Примером такого рода могут служить инситу палеокарбонатные педореликты с бинарным гумусовым профилем. Гипотеза вероятности их наличия в природе дедуктивно обосновывалась группой авторов [13] и была впервые подтверждена реально в ходе наших исследований на вятской земле [14, 15].

Из вышеизложенного вытекает вывод об уникальности почвенного покрова, особенно приуроченного к ареалам покровных суглинков бассейна средней и нижней Вятки, и сильно преобразованного в ходе земледельческого освоения. В агроландшафтах большая часть почв с реликтовыми феноменами быстро сокращается из-за припахивания остаточных гумусовых горизонтов и водной эрозии. Необходимо сбережение исчезающих на наших глазах ареалов уникальных биокосных тел – ценного природного наследия Вятского Прикамья – для биосферы и науки. Первыми шагами в этом направлении должны стать организация почвенных заказников и мини-заповедников с эталонными зональными, редкими, уникальными и исчезающими почвами и создание ККП.

Работа выполнена при финансовой поддержке Русского географического общества (грант РГО на 2021–2022 гг., договор № 08/2021-Р).

Библиографический список

1. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М. : Наука, 1990. 261 с.
2. Чернова О. В. Планирование красной книги природных почв России // Евразийское почвоведение. 1996. Т. 28. № 7. С. 72–79.
3. Красная книга почв и система особо охраняемых природных территорий Южного Урала / А. И. Климентьев, А. А. Чибилев, Е. В. Блохин, И. В. Грошев // Почвоведение. 1998. № 3. С. 347–358.
4. Ташнинова Л. Н. Красная книга почв и экосистем Калмыкии. Элиста: АПП «Джангар», 2000. 216 с.

5. Чернова О. В., Матвеев Ю. М. Методологические основы создания региональных Красных почвенных книг // Заповедное дело: науч.-метод. записки Комиссии по делу о сохранении. М., 2001. Вып. 8. С. 60–73.
6. Федеральный закон N 7-ФЗ от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102074303> (дата обращения: 22.03.2022).
7. Принципы отбора эталонных почв для Красной книги почв России / Г. В. Добровольский, О. В. Чернова, О. В. Семенюк, И. Г. Богатырев // Евразийское почвоведение. 2006. Т. 47. № 3. С. 216–222.
8. Красная книга почв Оренбургской области / А. И. Климентьев, А. А. Чибилев, Е. В. Блохин, И. В. Грошев. Екатеринбург : Институт степи УРО РАН, 2006. 296 с.
9. Никитин Е. Д., Сабодина Е. П., Скворцова Е. Б. Красная книга почв Евразии: Россия и сопредельные страны // Евразийское почвоведение. 2014. Т. 47. № 3. С. 216–222.
10. Климентьев А. И., Куксанова Е. В., Куксанов В. Ф. Научные и правовые аспекты красной книги почв // Евразийское почвоведение. 2014. Т. 47. № 4. С. 334–338.
11. Чернова О. В., Безуглова О. С. Принципы и особенности составления красной книги почв степных регионов (на примере Ростовской области) // Аридные экосистемы. 2018. Вып. 8. № 1. С. 28–37.
12. Красная книга почв России: Объекты красной книги и кадастра особо ценных почв / под ред. : Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. М. : МАКС Пресс, 2009. 576 с.
13. Караваева Н. А., Черкинский А. Е., Горячкин С. В. Концепция «Второго гумусового горизонта»: опыт генетической и эволюционной систематизации // Достижения почвоведения. Советские почвоведы на XIII Международном конгрессе почвоведов. М. : Наука, 1986. С. 167–173.
14. Прокашев А. М. Генезис и эволюция почв бассейна Вятки и Камы. Киров : Изд-во ВятГГУ, 2009. 386 с.
15. Prokashev A. M., Tyul'kin A. V. General scientific and regional conceptual approaches to compilation of Red Data Books of Soils // IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences: International Symposium «Earth sciences: history, contemporary issues and prospects». 2020. Vol. 579. Article No. 012073. doi: 10.1088/1755-1315/579/1/012073

СПЕЦИФИКА ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЭКОТОННОЙ ПОЛОСЫ «СРЕДНЯЯ ТАЙГА – ЮЖНАЯ ТАЙГА» (НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КОЙГОРОДСКИЙ»)

***С. В. Денева, Е. М. Лантева, Ю. В. Холопов,
О. В. Шахтарова, А. В. Уляшев, Р. В. Семьяшкин***
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, deneva.18.08.1962@yandex.ru

В результате проведенных исследований отмечено, что в экотонной полосе «средняя тайга – южная тайга», в дренированных ландшафтах, на суглинках наиболее широко распространенный тип почв – подзолистые. Несмотря на то, растительный покров уже несет выраженные черты южнотайжных сообществ, почвенный покров представлен в основном еще переходным подтипом – подзолистыми грубогумусированными почвами, с лишь незначительным участием типичных для южной тайги дерново-подзолистых почв.

Ключевые слова: экотонная полоса, подзолообразовательный процесс, дерновый процесс, ельники, осиновые леса, травяной покров.

Исследуемые ключевые участки находятся в пределах экотона «средняя тайга – южная тайга», который представляет собой переходную зону между двумя смежными и в то же время несколько различными экологическими системами. Экотон обладает повышенной чувствительностью к фоновым изменениям климата и антропогенному влиянию, т.к. происходит изменение ценотической роли и замена одних лесных и кустарниковых сообществ в комплексах другими, что обусловлено влиянием различных экологических факторов, поэтому изменятся и экологические функции почв. Таким образом, следует отметить, что территория национального парка (НП) «Койгородский» является удачным модельным объектом для изучения процессов почвообразования в экотонной полосе.

Цель данной работы – оценить разнообразие почв в экотонной полосе «северная тайга – южная тайга» и выявить специфику формирования в ней почв подзолистого типа, формирующихся в дренированных ландшафтах водоразделов.

НП «Койгородский» в системе ООПТ Республики Коми – один из наиболее молодых резерватов. Он создан в 2019 г. с целью сохранения уникальных малонарушенных лесных сообществ южной подзоны Европейской тайги. Располагается НП в юго-восточной части Республики Коми на территории двух районов – Прилузского и Койгородского. Его площадь составляет 56700 га. НП имеет достаточно высокий уровень биологического разнообразия, которое обеспечивается наличием значительной площади спелых и перестойных ельников и смешанных разновозрастных мелколиственно-хвойных лесов. Наибольшие площади занимают старовозрастные осиновые леса, а также елово-пихтовые кислично-папоротниковые леса. Еловые леса представлены сообществами зеленомошного, травяного и сфагнового типов. Осинные леса представлены сообществами двух типов – зеленомошного и травяного. Эти леса являются местом обитания многих редких и исчезающих видов растений и животных, занесенных в Красную книгу России и Республики Коми.

Основными почвообразующими породами служат моренные суглинки, перекрытые пылеватыми суглинками. Это позволяет предположить, что основу почвенного покрова на территории НП составляют почвы подзолистого типа – подзолистые и дерново-подзолистые.

Учитывая слабую изученность почвенного покрова НП «Койгородский», в июне и августе 2021 г. были осуществлены полевые выезды в северную (окрестности туристических стоянок «Федоровка» и «Матвей-шор») и южную (окрестности туристической стоянки «Грань») части резервата. Почвы и почвенный покров территории НП «Койгородский» исследовали общепринятым в почвоведении маршрутным методом. Основным методом изучения почвенных разрезов был традиционный – профильно-генетический [1],

позволяющий детально изучить специфику распространения по почвенному профилю структуры диагностических горизонтов и их признаков в связи с генезисом почв. Кроме того, использовали катенарный подход при изучении почвенного покрова территории.

При проведении полевого описания почв применяли цветовые таблицы «Munsell Soil Color Charts». Цвет почвенных горизонтов оценивали в состоянии полевой влажности почв.

Аналитические исследования почв выполняли в лаборатории отдела почвоведения Института биологии в соответствии с общепринятыми в почвоведении методами [2]. Величину pH водной ($pH_{\text{водн.}}$) и солевой (pH_{KCl}) суспензий измеряли потенциометрически (ГОСТ 26423-852 и ГОСТ 26483-853 соответственно), гидролитическую кислотность (Hr) – по Каппену; содержание органического углерода в почвах определяли методом Тюрина со спектрофотометрическим окончанием; обменных катионов кальция и магния – по Гедройцу с вытеснением 1 М NH_4Cl и последующим атомно-эмиссионным определением на ICP SpectroCiros CCD (Германия); подвижных форм фосфора и калия – по Кирсанову в 0,2 н. HCl (ГОСТ Р 54650-2011). Гранулометрический состав определяли методом пипетки после обработки почвы 0,05н HCl и диспергирования 1н NaOH [3].

Индексацию генетических горизонтов и название почв давали в соответствии с принципами современной «Классификации и диагностики почв России» [4].

Обобщение всех полученных нами и опубликованных данных, позволило выявить на данный момент как минимум 9 типов и 16 подтипов почв, относящихся к 4 отделам и 3 стволам.

На большей части НП в хорошо дренированных условиях на суглинистых почвообразующих породах развиты подзолистые текстурно-дифференцированная почвы, формула профиля которых имеет следующий вид O–EL–ELB–BT–C. Это характерные представители почвенного покрова среднетаежных темнохвойных лесов. Такие почвы формируются под пологом ельников зеленомошных. Морфологическое строение и свойства их профиля определяются подзолистым процессом, под влиянием которого происходит дифференциация минеральной части почвы на элювиальный (подзолистый) горизонт EL, переходный BEL и текстурно-дифференцированный горизонт BT, который характерен для срединной части профиля. Органогенный горизонт O маломощный – до 5-6 см, представлен плохо разложенными остатками мхов.

Приведенные в морфологическом описании некоторые признаки (прокрашивание гумусовыми веществами верхней части горизонта EL, наличие в нем конкреционных новообразований и примазок) позволяют предположить, что данная почва формируется в условиях периодического поверхностного переувлажнения. Это может быть связано со спецификой биоклиматических условий региона: наличием хвойной растительности и присутствием мхов в напочвенном покрове, способствующим формированию фульватного типа

гумуса, характеризующегося высокой миграционной активностью; промывным водным режимом в условиях недостатка тепла и избытка осадков, способствующим потечности гумусовых веществ и периодическому застою влаги на контакте горизонтов с более тяжелым гранулометрическим составом (особенно в период таяния снега и обильных дождей).

Для подзолистых почв характерны: высокая кислотность, выщелоченность обменных оснований, фульватный тип гумуса, обеднение элювиального (подзолистого) горизонта полуторными оксидами и илистой фракцией (табл. 1). Почва сформирована на тяжелосуглинистых отложениях. Подстилочно-торфяной горизонт отличается аккумуляцией органического вещества (Собщ.) и биофильных элементов (содержание обменных катионов кальция и магния). Максимальная кислотность характерна для нижней части О горизонта, что прослеживается как по минимальным значениям величины рН водной и солевой суспензий, так и по максимальным значениям гидролитической кислотности. В минеральной части профиля наиболее бедным и неплодородным горизонтом является элювиальный EL, для которого отмечены минимальные значения величины Собщ. и обменных катионов. Развитие подзолообразовательного процесса в профиле почвы подтверждает элювиально-иллювиальная дифференциация профиля по содержанию илистой фракции (содержание частиц с диаметром < 0,001 мм) и выщелоченность от оснований элювиального горизонта (V = 6–16%).

Таблица 1

**Физико-химические свойства подзолистой типичной почвы,
разрез 1-ІАС [5]**

Горизонт	Глубина, см	рН водн.	рН сол.	Нг*	Ca ⁺²	Mg ⁺²	V**	Собщ.	Содержание фракций, %; размер частиц, мм	
				смоль (экв.) кг ⁻¹			%		< 0,001	< 0,01
O(L)	0-2	5,4	4,3	35,1	24,0	4,2	44	28,4	—	—
O(F)	2-4	4,4	3,5	52,6	21,8	3,2	32	35,7	—	—
O(H)	4-5	4,1	3,1	61,6	16,6	3,0	24	27,9	—	—
EL	5-20	4,1	3,4	12,5	0,5	0,3	6	0,96	14	32
EL	20-30(35)	4,8	3,7	10,8	1,2	0,9	16	0,29	29	42
BEL	30(35)-40	4,8	3,5	11,5	5,6	2,7	42	0,25	39	49
BT1	40-80	4,9	3,5	8,7	26,0	5,7	78	0,20	35	49
BT2	80-100	4,9	3,7	5,0	14,6	6,8	81	0,15	42	53
C	100-130	6,0	3,9	3,2	15,8	6,8	87	0,14	—	—

Примечание: Здесь и далее: * — гидролитическая кислотность; ** — степень насыщенности основаниями; прочерк — не определено.

Подзолистые грубогумусированные почвы формируются под еловыми папоротничково-хвощово-кисличными лесами. В отличие от типичных подзолистых почв, в подзолистых грубогумусированных почвах на поверхности формируется рыхлая лесная подстилка из остатков трав, листовых пластинок кустарников, хвои ели. В остальном морфологическое строение профиля

практически полностью идентично формуле строения подзолистой типичной почвы: O–Oao–EL–ELB–BT–C. Минеральная часть профиля также четко дифференцирована на элювиальную (горизонт EL) и текстурно-дифференцированную (горизонт BT) толщу, и по свойствам подзолистые грубогумусированные почвы близки к почвам подзолистого типа (табл. 2).

Таблица 2

Физико-химические свойства почв

Гори- зонт	Глубина, см	pH водн.	pH сол.	Нг	Обменные основания		V	Сорг.	Подвижные формы	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²			K ₂ O	P ₂ O ₅
					смоль (экв.) кг ⁻¹				мг кг ⁻¹	
Почва: Подзолистая грубогумусированная, разрез 1-НК										
O	0-6	5,95	5,16	7,9	22,07	5,86	78	27,8	1379	433
Oao	6-9(10)	5,38	4,55	8,3	15,07	2,59	68	14,5	295	53
EL	9(10)-23	5,44	4,29	3,4	2,36	0,71	47	0,39	67	123
ELB	23-41	5,76	4,37	3,05	3,15	1,15	58	0,13	69	236
BT1	41-56	5,77	4,28	3,13	10,66	4,08	82	0,69	143	113
BT2	56-77	5,94	4,47	1,98	16,48	5,31	92	0,89	182	134
C	103-130	6,8	4,81	1,26	19,28	5,75	95	0,74	191	273
Почва: Дерново-подзолистая, разрез РК1-21										
O	1-3	6,44	5,75	66	56,24	7,69	49	47,1	1896	525
Oao	3-5	5,61	4,74	23,4	29,27	4,54	59	37,1	1470	535
AY	5-10	5,32	4,20	4,82	1,15	0,33	23	1,31	93	43
ELg	10-18	5,64	4,19	3,56	1,70	0,65	40	0,07	72	32
ELB	25-37	5,66	4,05	4,61	7,43	2,93	69	0,66	128	35
Bt	37-55	5,67	4,02	3,82	12,87	4,74	82	0,85	152	48
BT1	55-80	5,70	4,12	3,05	17,12	5,42	88	0,89	149	64
BT2	80-100	5,93	4,29	2,21	20,64	5,95	92	0,88	156	116
Cg	140-160	6,45	4,78	1,28	21,65	5,30	95	0,64	152	238

Однако специфика напочвенного покрова (обилие трав) и формирование специфичной лесной подстилки из богатого зольными элементами опада травянистых растений обусловили меньшую кислотность почв (pH_{KCl} 4,29–5,16) и более значительную насыщенность органогенного горизонта обменными основаниями (V 68–78%). Минеральная часть профиля, так же как и в подзолистой типичной почве, обеднена органическими соединениями, ее верхняя часть выщелочена от оснований, что является характерной чертой подзолистых почв.

В лесных биотопах с более активным развитием в напочвенном покрове трав можно встретить дерново-подзолистые почвы. Это типичные представители почвенного покрова южной тайги. Они встречаются в южной части НП, приурочены к еловым и осиновым лесам травяных типов, развиты на хорошо дренированных участках водоразделов. Но их доля в структуре почвенного покрова очень незначительна. Для дерново-подзолистых почв характерна следующая формула строения профиля O–Oao–AY–EL–ELB–BT–C, появление под грубогумусовой лесной подстилкой Oao – маломощного (до 5 см)

слабо выраженного гумусоаккумулятивного горизонта АУ, обусловленного развитием корневой системы трав. Срединная часть профиля дерново-подзолистых почв идентична подзолистым типичным почвам. В отличие от выше рассмотренных подзолистых почв в профиле дерново-подзолистой почвы выражены слабые признаки оглеения, что связано с его временным переувлажнением в результате длительного застоя верховодки в весенний и ранне-летний периоды (разрез заложен в первых числах июля 2021 г.).

Физико-химические свойства дерново-подзолистой почвы отражают развитие дернового процесса (табл. 2). Это проявляется в дальнейшем снижении кислотности лесной подстилки (рН 4,74–5,75), ее обогащении биофильными элементами, в том числе подвижными формами калия и фосфора. В гумусоаккумулятивном горизонте АУ отмечено накопление гумусовых веществ (Сорг. 1,31%), что соответствует 2,3% гумуса. Однако горизонт АУ еще сравнительно слабо развит. Об этом свидетельствует его бедность обменными основаниями и подвижными формами фосфора и калия, содержание которых близко к таковому в элювиальных горизонтах профиля, и низкая кислотность, соответствующая таковой в элювиальном горизонте.

Несмотря на то, что территория НП «Койгородский» относится к заповедной зоне, в ее границах встречаются участки нарушенных природных экосистем. На антропогенно нарушенных участках, где произошло изменение верхних горизонтов почв в результате ранее проводимых промышленных рубок еловых лесов, в настоящее время формируются различные варианты подзолистых и дерново-подзолистых почв, в профиле которых присутствуют признаки механической турбации верхней части профиля и его временного переувлажнения после сведения древостоя.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Разнообразие почв НП «Койгородский» и характер их распространения полностью определяются спецификой распространения почвообразующих пород, особенностями рельефа местности, биоклиматическими условиями территории, характером антропогенного воздействия (наличием послерубочных и нарушенных территорий).

Установлено, что на территории водораздельных ландшафтов в пределах исследованных ключевых участков преимущественно распространены типичные подзолистые почвы, характерные для среднетаежных лесов. Дерново-подзолистые почвы, характерные для лесных экосистем южной тайги, занимают незначительные по площади ареалы. Под пологом еловых и осиновых лесов с травянистым напочвенным покровом, как правило, формируются подзолистые грубогумусовые почвы, которые можно рассматривать в качестве переходного варианта от типичных подзолистых почв к дерново-подзолистым.

Полученные данные могут служить основой для организации дальнейших исследований почв на территории НП «Койгородский» и их последующего мониторинга на особо охраняемой территории.

Библиографический список

1. Розанов Б. Г. Морфология почв. М. : Академический проект, 2004. 432 с.
2. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л. А. Воробьевой. М. : ГЕОС, 2006. 400 с.
3. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М. : Агропромиздат, 1986. 416 с.
4. Классификация и диагностика почв России / под ред. Л. Л. Шишова, В. Д. Тонконогова, И. И. Лебедева, М. И. Герасимовой. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
5. Дымов А. А. Сукцессии почв бореальных лесов Республики Коми. М. : ГЕОС, 2020. С. 52.

ПОГРЕБЕННЫЕ ПОЧВЫ ДОЛИННЫХ ЗАНДРОВ – СВИДЕТЕЛИ ДРЕВНЕЭОЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В БАССЕЙНЕ р. ВЯТКИ

*А. М. Прокашев^{1,2}, Р. Р. Чепурнов¹, А. С. Матушкин¹,
Е. С. Соболева¹, И. А. Вартан¹, Т. В. Есипова¹*

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

² *Вятский государственный агротехнологический университет*

Представлены данные о педолитоциклите в составе подзола с профилем погребенного дерново-подзола, выявленного в левобережной части бассейна нижней Вятки, сложенной долинно-зандровыми наносами, вторично переработанными более 500 лет назад древнеэоловыми процессами проблематичной – спонтанной или антропогенной – природы.

Ключевые слова: долинные зандры, подзолы, дерново-подзолы, возраст погребенных почв.

Долина Вятки, как и большинства рек Волго-Каспийского бассейна, на ряде участков от верхнего до нижнего течения сопровождается шлейфом из древнеречных песчаных седиментов в виде 3-х надпойменных террас средне-позднеплейстоценового возраста – от 170 до 12 тыс. лет. Они развиты в пределах Верхне- и Средневятской низменностей, а также в нижнем левобережье, например у крупных притоков первого и второго порядков – Кильмези и Лобани. Ландшафты долинных зандров, относительно слабо измененные хозяйственной деятельностью, представляют большой интерес с научно-познавательной, природоохранной, туристско-рекреационной и иных точек зрения как важные элементы экологического каркаса и перспективные территории для создания природных, национальных парков и других охраняемых природных территорий.

В силу изложенного пространственно-временная структура и свойства отдельных компонентов этих геосистем нуждаются в дополнительном изучении. Объект настоящего исследования – наиболее проблематичные компоненты почвенного покрова древнеэолового подтипа надпойменно-террасового типа местности Белаевского бора. Среди них нами обнаружены

оригинальные обладатели реликтовых феноменов в виде погребенных почв в составе профилей [1]. Они позволяют произвести ретроспективный анализ событий на последних, близких к современным стадиях долинно-зандрового ландшафтогенеза. Подобные находки являются уникальными, т. к. сохранение органического фоссильного материала в песчаных палеоречных наносах весьма затруднено ввиду высокой степени аэрации, особенно с учетом вершинного топологического положения объекта наблюдения. Предметом изучения педо-литоседимента служили морфология и свойства органоминеральной части почв, включая возраст гумуса, проанализированные с применением ряда общепринятых и геохронологических (^{14}C) методов.

Древнеэоловый подтип надпойменно-террасового типа местности характерен для юго-западной части Белаевского бора, где он занимает волнисто-бугристую поверхность I-й надпойменной террасы, сложенную древнеаллювиальными песками, переработанными эоловыми процессами.

Подтип включает в себя два сопряженных варианта повторяющихся в пространстве простых урочищ: доминантные урочища дюн и субдоминантные урочища междюнных котловин на древнеаллювиальных песках (рис. 1).

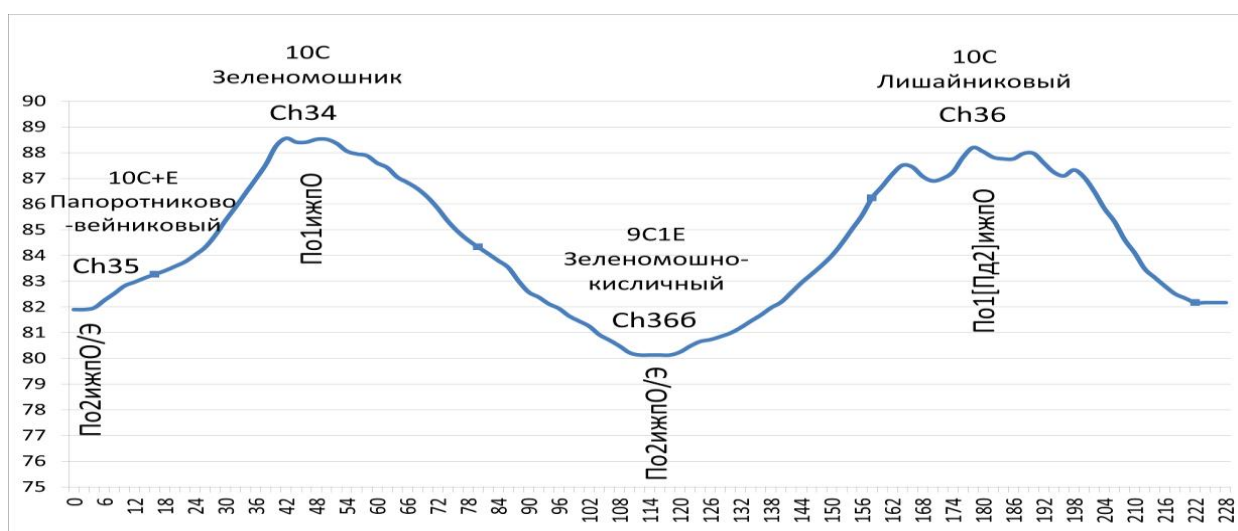


Рис. 1. Профиль через древнеэоловый подтип местности в Белаевском бору

К вершинным и склоновым фациям песчаных бугров и дюн (85–90 м над у. м.), сформированных на перевеянных древних речных отложениях, приурочены сухие сосняки зеленомошные, лишайниковые, лишайниково-зеленомошные и зеленомошно-брусничные на подзолах поверхностных иллювиально-железистых. Профиль таких почв слабо дифференцирован, не имеет развитого гумусового горизонта и отличается слабой степенью оподзоливания. Морфологическое строение вершинных подзолов рассмотрено на примере основного объекта – разреза Ch-36, заложенного на вершине эоловой гряды (рис. 2).



Рис. 2. Вершина песчаной дюны на древнеаллювиальных песках – высота 88 м над у. м. (разр. Ch-36): а) сосняк лишайниковый; б) подзол поверхностный иллювиально-железистый песчаный с погребенным профилем дерново-подзола

Разрез Ch-36 подзола поверхностного иллювиально-железистого с погребенным профилем дерново-подзола на древнем аллювии под бором лишайниковым заложен на вершине эолового бугра:

Гор. О (0–2 см): влажный, черновато-буроватый, слабо-, среднеразложившийся рыхлый опад из сучков, хвои, коры сосны, мхов и лишайников, корней нет, переход ясный, ровный.

Гор. АЕ (2–6 см): свежий, желтовато-сероватый с белесоватым оттенком, песчаный, бесструктурный, рыхлый, едва заметна белесоватая скелетана, корней мало, переход постепенный, волнистый.

Гор. ВЕ (6–47 см): сырой, рыжевато-бурый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, по всему горизонту равномерные интенсивные налеты гидроксидов железа, корней мало, переход ясный, ровный, местами волнистый.

Гор. [АУ] (47–58 см): сырой, темно-серый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, интенсивно пропитан гумусом, корней мало, на темном фоне горизонта, особенно в нижней части, заметны белесые пятна скелетаны, переход ясный, волнистый, фестончатый.

Гор. [Е] (58–65 см): сырой, белесый, в верхней части с сероватым оттенком, песчаный, бесструктурный, рыхлый, корни редкие, обильная скелетана, переход ясный, волнистый, местами кармановидный.

Гор. [ВЕ1] (65–105 см): сырой, рыжевато-бурый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, много рыжеватых налетов гидроксидов железа, корни редкие, переход ясный, ровный.

Гор. [ВЕ2] (105–125 см): сухой, желтовато-серый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, корни редкие.

Анализ свойств данной почвы представлен в таблицах 1–2.

Таблица 1

**Гранулометрический состав подзола с погребенным профилем
дерново-подзола (разрез Ch-36)**

Горизонт и глубина образца, см	Содержание фракций в мм, %							Грануло- метриче- ский состав
	1– 0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005 – 0,001	< 0,001	< 0,01	
AE (2–6)	90,4	7,3	2,2	0,0	0,0	0,0	0,1	песок
BF (25–35)	94,5	5,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	песок
[AY] (47–58)	93,2	3,2	3,2	0,1	0,2	0,1	0,4	песок
[E] (58–65)	92,1	6,5	0,6	0,6	0,2	0,1	0,8	песок
[BF1] (80–90)	96,3	1,8	1,7	0,1	0,0	0,0	0,2	песок
[BF2] (115–125)	93,2	5,7	0,8	0,1	0,2	0,0	0,3	песок

Гранулометрический состав исследуемого вершинного подзола песчаный (как и на других элементах мезорельефа), одинаковый по всему профилю. На физическую глину обычно приходится менее 1%.

Таблица 2

**Агрохимические свойства подзола с погребенным профилем
дерново-подзола (разрез Ch-36)**

Горизонт и глубина об- разца, см	Гигр. влага	pH	pH	Подв. Al	Hг	S	EKO	V	ОВ	P ₂ O ₅	K ₂ O
	%	H ₂ O	KCl	мг/кг	Смоль/кг			%		мг/кг	
AE (2–6)	1,2	5,8	4,4	0,95	1,9	0,1	2,0	5	0,27	37	6
BF (25–35)	0,1	5,9	4,6	0,54	1,2	0,5	1,7	28	0,17	66	8
[AY] (47–58)	0,2	5,2	3,8	2,61	4,1	1,1	5,2	20	1,41	5	4
[E] (58–65)	0,1	5,7	4,0	1,58	1,9	1,2	3,1	37	0,37	12	4
[BF1] (80–90)	0,2	6,0	4,6	0,50	1,3	0,2	1,5	13	0,25	64	6
[BF2] (115– 125)	0,2	5,9	4,4	0,77	1,7	0,1	1,8	6	0,44	35	8

Содержание органического вещества (ОВ) во всех генетических горизонтах рассматриваемого подзола крайне низкое – 0,2–0,4% – ввиду его вершиной позиции. Исключение составляет гумусовый горизонт [AY] погребенного дерново-подзола с 1,5% ОВ, что в 5 раз выше по сравнению с современным гумусово-подзолистым гор. AE. Обращают внимание результаты определения времени погребения дерново-подзола. По данным ¹⁴C-датирования календарный возраст различных фракций гуминовых кислот (ГК1, ГК2 и ГК3) погребенного гумусового горизонта разр. Ch-36 оказался близким и равным 490–570 лет (табл. 3).

Это указывает на сравнительно недавнее захоронение – около 500 лет назад – данной почвы в силу неизвестных нам экстремальных событий, например пожаров, возникших стихийным путем от молнии, либо случайно или преднамеренно вызванных древними поселенцами-землепашцами.

**Возраст гуминовых кислот горизонта [AY] погребенного профиля
дерново-подзола (разр. Ch-36)**

Фракция гуминовых кислот	Радиоуглеродный возраст, лет*	Калиброванный (календарный) возраст, лет*
ГК1	530±80	570±60
ГК2	450±50	490±40
ГК3	490±70	540±70

Примечание: * – определение возраста гумуса выполнено в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана института наук о Земле СПбГУ.

Рассматриваемый подзол, как и другие почвы вершинных положений на дюнах, обладает высокой кислотностью – pH_{KC1} соответствует сильнокислому диапазону и на 1–2 единицы ниже pH_{H_2O} . Особенно кислыми являются гумусовые и элювиальные горизонты погребенного дерново-подзола, где pH_{KC1} опускается ниже 4-х. Это объяснимо лучшей сорбцией ионов H^+ в месте концентрации органических коллоидов на фоне общего резкого дефицита Ca^{2+} и Mg^{2+} в песчаных почво-грунтах. Содержание подвижного алюминия достаточно тесно взаимосвязано с обменной кислотностью, максимумы отмечались в горизонтах [AY] и [E]. Гидролитическая кислотность (Нг) коррелирует с содержанием гумуса и достигает наибольших значений в кислых гумусово-элювиальных и погребенных органоминеральных горизонтах, составляя от 2 до 4-х Смоль/кг почвы соответственно.

В поглощающем комплексе песчаного педолитоциклита содержание обменных оснований (S) крайне низкое – до 1 Смоль/кг почвы. Емкость катионного обмена (ЕКО) также мала 2–5 Смоль/кг с максимумом в современных и погребенных гумусовых горизонтах в основном за счет органических коллоидов. Насыщенность основаниями (V) незначительна – 5–37%, особенно в верхней части профиля, что объяснимо зонально-азональными факторами – промывным водным режимом, низкой зольностью древесных формаций, легким механическим составом почвогрунтов и бедностью их ОБ.

В силу изложенного подзолы древнеэолового подтипа местности характеризуются также низкой обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия – не более 50–70 мг/кг почвы P_2O_5 и 10–30 мг/кг K_2O . При этом для фосфора минимальные величины зафиксированы в погребенных горизонтах [AY] и [E].

Таким образом, наиболее интересной особенностью рассматриваемого педолитоциклита является наличие в его составе вложенного профиля дерново-подзола. Погребение последнего было возможно при условии уничтожения древесного полога. Обезлесенные песчаные почвогрунты с дерново-подзолами подверглись дефляции и были частично перевеяны с образованием вторичных дюнных форм мезорельефа. Вероятными причинами захоронения могли стать стихийные пожары от молний или практика подсечно-огневого земледелия с освоением древними людьми преимущественно легких по гра-

нулометрическому составу почв приречных местностей, более податливых для обработки примитивными деревянными сохами, впоследствии заброшенных из-за их истощения. Меньшее содержание ОВ в современной аккумулятивно-элювиальной толще профиля подзола по сравнению с погребенным гумусовым горизонтом дерново-подзола может служить косвенным индикатором тенденции снижения современного биоаккумулятивного потенциала почвообразования в рассматриваемом древнеэоловом террейне. Сказанное коррелирует с результатами наших исследований почв с остаточными – реликтовыми – гумусовыми горизонтами, сформированными на суглинисто-глинистых материнских породах междуречных ландшафтов бассейна Вятки [2].

Работа выполнена при финансовой поддержке Русского географического общества (грант РГО на 2021–22 гг., договор № 08/2021-Р).

Библиографический список

1. Чепурнов Р. Р., Прокашев А. М. Ландшафтная структура долинно-междуречного геоэкотона нижней Вятки. Киров : Изд-во ВятГУ, 2020. 210 с.
2. Прокашев А. М. Генезис и эволюция почв бассейна Вятки и Камы (по палеопочвенным данным). Киров : Изд-во ВятГУ, 2009. 386 с.

ПАЛЕОПАЛИНОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРФЯНИКОВ В РЕКОНСТРУКЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ГОЛОЦЕНА

А. В. Филимонова, О. Е. Кононова
*Федеральный аграрный научный центр
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,
filimonova9797@mail.ru, oksana.kononova.98@mail.ru*

Выполнен палеопалинологический анализ торфа болотных массивов Бурмакинское и Большое, расположенных в центральной части Кировской области, с целью реконструкции изменений растительного покрова и климатических условий формирования торфяной залежи и окружающей территории в голоцене.

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

Изменения климата одна из глобальных проблем современности. Многие ученые утверждают, что в будущем планету ждет глобальное потепление, другие же, напротив, настаивают на приближающемся похолодании.

Тем не менее, следует помнить о том, что изменение климата – это закономерный процесс, постоянно происходящий на Земле. Известно, что с конца плейстоцена после завершения последней ледниковой эпохи климат постепенно менялся в сторону потепления и примерно 6–8 тыс. лет назад в

эпоху голоцена достиг своего оптимума, после чего вновь началось похолодание.

Ученые предполагают, что во времена голоцена граница лесной зоны на территории Русской равнины проходила на 450–550 км севернее, широколиственные леса произрастали вплоть до Санкт-Петербурга [1]. Также вероятно произрастание на данной территории степных злаков, некоторые виды которых сохранились во флоре до настоящего времени.

В настоящее время возможна реконструкция климатических условий прошлого, что необходимо для понимания динамики климатических изменений и прогнозирования изменений климата в современную эпоху.

Одним из наиболее часто используемых методов в реконструкции климата и растительных сообществ прошлых эпох является палеопалинологический (спорово-пыльцевой) анализ грунтов, торфяных залежей, почв. Данный метод исследования позволяет определять таксономическую принадлежность растений по характерным морфологическим особенностям спор и пыльцевых зерен.

Объектами палеопалинологического анализа являются палиноморфы: пыльца покрытосеменных и голосеменных растений, а также споры растений и грибов, растительные устьица, остатки клеток водорослей, микроскопические остатки животных (например, яйца тихоходок) и др.

Оболочки спор и пыльцы способны длительно сохраняться в различных условиях, практически не разрушаются при окаменении или фоссилизации, выдерживают нагревание до 300 °С. Палеоэкологические построения на основе спорово-пыльцевого метода приобрели актуальность и большую значимость при изучении четвертичного периода.

Наиболее показательными в палеогеографических исследованиях являются данные, полученные в результате изучения торфяной залежи невыработанных торфомассивов, а также почв со сложным органопрофилем [2].

В отличие от минеральных почв использование в палеопалинологических исследованиях торфяной залежи невыработанных торфяников является более удобным. В профилях торфяных почв не происходит вымывания и переотложения палиноморф в нижние горизонты профиля. Кроме того, споры и пыльца в торфе консервируются и по сравнению с минеральными почвами сохраняются в невредимом состоянии гораздо дольше [3].

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

В ходе исследования было заложено 6 разрезов на торфомассивах Бурмакинское и Большое Куменского района Кировской области. Пробы торфа отбирались через 10 см и обрабатывались согласно палинологическому методу Поста [3]. Обнаруженные палиноморфы определяли с помощью атласов-определителей [4–6] и составляли палеопалинологические спектры почвенных разрезов.

Из-за снятия части торфа при добыче невозможно полностью восстановить стадии преобразования фитоценозов. Тем не менее, нижняя часть торфяной залежи осталась нетронутой. Используя пробы торфа, отобранные из нижних слоев почвенного профиля, можно определить динамику изменений растительного покрова и климата в раннем и среднем голоцене.

На основании данных палеопалинологических спектров можно предположить, как изменялись растительный покров и климат исследуемой территории в бореальном и атлантическом периодах голоцена. Наличие схожих (маркерных) видов растений в горизонтах разных профилей позволяет объединить результаты исследования различных по мощности разрезов. Результаты палеопалинологического анализа проб торфа торфомассивов Бурмакинское и Большое представлены на рисунке.

На глубине 140–180 см в палеопалинологическом спектре преобладает пыльца лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), пихты европейской (*Abies alba*), карликовой березы (*Betula nana*), водяники черной (*Empetrum nigrum*), споры хвощей и мхов, остатки лишайников. В малом количестве встречается пыльца ели европейской (*Picea abies*). Исходя из данных палеопалинологического спектра, можно сделать вывод, что данный этап в развитии исследуемого биогеоценоза приходился на конец бореального периода голоцена. Фитоценоз конца бореального периода был представлен ерником с примесью пихты и лиственницы, под пологом лесов произрастала водяника, большая часть почвы была покрыта сфагновыми мхами. Вероятно, климат данного периода был сухим и холодным, но постепенно менялся в сторону потепления.

На глубине 120–140 см в палеоспектре появляется пыльца сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), ясеня (*Fraxinus* spp.), тиса ягодного (*Taxus baccata*), также присутствуют споры сфагновых мхов и папоротников. Наличие в этой части палинологического спектра пыльцевых зерен сосны и ясеня указывает на смену фитоценоза с ерника на светлохвойный лес с примесью лиственных пород. Исходя из этого можно судить о смене холодного и сухого климата на более мягкий, теплый и влажный. Подобные изменения в климате и растительном покрове характерны для конца бореального периода голоцена.

В пробах торфа, отобранных с глубины 80–120 см, преобладает пыльца липы мелколистной (*Tilia cordata*), граба обыкновенного (*Carpinus betulus*), единично встречается пыльца сосны сибирской (*Pinus sibirica*), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), пихты (*Abies sibirica*), березы повислой (*Betula pendula*). Среди травянистых растений в большом количестве обнаружена пыльца кирказона ломоносовидного (*Aristolochia clematitis*), ландыша майского (*Convallaria majalis*). В меньшей степени присутствуют пыльцевые зерна черемиды черной (*Veratrum nigrum*), птицемлечника (*Ornithogalum* spp.). В настоящее время, данные виды растений не произрастают на исследуемой территории. Совместно с пыльцой южных теплолюбивых видов были обнаружены палиноморфы типичных для изучаемого биогеоценоза растений, среди которых встречаются копытень европейский (*Asarum europaeum*), сныть

(*Aegopodium podagraria*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), осока (*Carex* spp.).

Глубина	Вид														Стадия формирования
	Picea abies	Abies alba	Larix sibirica	Pinus sylvestris	Betula nana	Tilia cordata	Fraxinus	Aristolochia clematitis	Convallaria majalis	Veratrum nigrum	Onithogalum	Empetrum nigrum	Рoaceae	Cyperaceae	
20-30	■	■		■										■	Суббореальный период
30-40	■	■		■										■	
40-50	■	■		■										■	
50-60	■	■		■										■	
60-70	■	■		■										■	
70-80	■	■		■										■	
80-90		+		+		■	■	■		■	■		■	■	Атлантический период
90-100		+		+		■	■	■		■	■		■	■	
100-110		+		+		■	■	■		■	■		■	■	
110-120		+		+		■	■	■		■	■		■	■	
120-130				■			■							+	Конец бореального-начало атлантического
130-140				■			■							+	
140-150		■	■		+							■			Бореальный период
150-160		■	■		■							■			
160-170		■	■		■							■			
170-180		■	■		■							■			

Рис. Стратиграфическая схема спорово-пыльцевого спектра торфа торфомассивов Бурмакинское и Большое

Наличие в спектре малого количества пыльцы березы обыкновенной и пихты сибирской указывает на переход от сосново-лиственных лесов конца бореального периода голоцена к хвойно-широколиственным атлантического периода.

Климат менялся в сторону потепления и к концу атлантического периода в третьем подпериоде достиг своего температурного максимума. Влажность в атлантическом периоде несколько менялась, но все же была выше, чем в другие периоды голоцена. Фитоценоз исследуемой территории был представлен хвойно-широколиственным лесом: липняком с примесью граба, кедра и сосны обыкновенной. Под пологом хвойно-широколиственных лесов располагались злаково-осоковые луга.

Кроме того, в пробах торфа в данной части спектра обнаружена пыльца белокрыльника болотного (*Calla palustris*), камнеломки (*Saxifraga hirculus*), пухоноса дернистого (*Trichophorum cespitosum*) и пушицы влагалищной (*Eriophorum vaginatum*). Наличие пыльцы данных видов растений может указывать на переход к верховой стадии формирования болотной экосистемы.

В пробах, отобранных с глубины 30–80 см, обнаружена пыльца сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), ели европейской (*Picea abies*), лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), пихты европейской (*Abies alba*), березы повислой (*Betula pendula*), можжевельника (*Juniperus communis*), зюзника европейского

(*Lycopus europaeus*), вербейника обыкновенного (*Lysimachia vulgaris*), полушника озерного (*Isoetes lacustris*), большое количество пыльцы сфагновых и зеленых мхов.

В пробах, отобранных с глубины 30–80 см, обнаружена пыльца сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), ели европейской (*Picea abies*), лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), пихты европейской (*Abies alba*), березы повислой (*Betula pendula*), можжевельника (*Juniperus communis*), зюзника европейского (*Lycopus europaeus*), вербейника обыкновенного (*Lysimachia vulgaris*), полушника озерного (*Isoetes lacustris*), большое количество пыльцы сфагновых и зеленых мхов. Такое изменение в палеопалинологическом спектре указывает на смену теплого и влажного климата атлантического периода на более сухой и холодный климат начала суббореального периода голоцена. Вероятно, фитоценоз начала первого подпериода суббореала был схож с современным, и был представлен ельником разнотравным. В древостое доминировала ель европейская, реже встречалась пихта европейская, береза повислая, лиственница сибирская. В подлеске доминирующими видами являлись крушина ломкая и можжевельник обыкновенный. Травяной покров в большей степени был представлен видами семейства осоковые. Вероятно, значительная часть почвы была покрыта сфагновыми и зелеными мхами. На это указывает большее по сравнению с предыдущими слоями количество спор мхов, обнаруженных в пробах торфа, отобранных в данной части профиля.

В верхней части почвенного профиля на глубине от 10 до 20 см обнаружена пыльца ели обыкновенной (*Picea abies*), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), пихты (*Abies alba*), осоки острой (*Carex acuta*), жимолости (*Lonicera xylosteum*), споры сфагновых мхов. Данные виды являются типичными для современных фитоценозов, окружающих торфомассивы.

Таким образом, применяя методы палеопалинологического анализа для торфяных почв можно реконструировать состав фитоценозов и ландшафтные условия конца плейстоцена–голоцена.

Согласно полученным данным растительный покров исследуемой территории менялся следующим образом: в период раннего голоцена доминирующими являлись ерниковые леса с примесью темнохвойных пород со скудным напочвенным покровом в виде водяники, сфагновых мхов и лишайников. При переходе к атлантическому периоду голоцена со сменой холодного и сухого климата на более теплый и влажный доминирующими стали светлохвойные леса с примесью лиственных пород. При достижении оптимальных значений температур и влажности во второй половине атлантического периода фитоценоз исследуемой территории был представлен хвойно-широколиственным лесом с преобладанием липы мелколистной, напочвенный покров отличался широким видовым разнообразием. Переход от атлантического периода голоцена к суббореальному был ознаменован изменением климата в сторону снижения среднегодовой температуры и влажности. Совместно с этим произошли изменения в видовом составе растительности: доминирующими видами стали ель обыкновенная, пихта сибирская, в напоч-

венном покрове наблюдалось оскудение видового разнообразия, основными стали осоки и сфагновые мхи. Фитоценоз начала суббореального периода был похож на современный и представлял собой ельник осоково-сфагновый.

Библиографический список

1. Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического климата Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен : Атлас – монография / под ред. профессора А. А. Величко. М., 2009. 120 с.
2. Shikhova L. N. Filimonova A. V. Paleopalynological survey of soils of the European north-east of Russia having complex organic profile // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2021. Vol. 677. 052017. doi: 10.1088/1755-1315/677/5/052017 (
3. Палеопалинология. Методика палеопалинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий. Л. : Недра, 1966. 352 с.
4. Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Л. : Наука, 1978. 184 с.
5. Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Руководство в трех томах. Т. 1. Л. : Наука, 1972. 171 с.
6. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры Европейской части СССР / А. Е. Бобров, Л. А. Куприянова, М. В. Литвинцева, В. Ф. Тарасевич. Л. : Наука, 1983. 208 с.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

И. В. Копысова, А. П. Корепанова

*ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»,
kopysowa.irina2018@yandex.ru, ak0453743@gmail.com*

В статье рассмотрена проблема оценки состояния лесных почв. Определены основные, наиболее важные, показатели, рассматриваемые при оценке состояния почвенного покрова. Приведены результаты исследований, проводимых на территории Удмуртской Республики в 2020–2021 гг.

Ключевые слова: лесные почвы, качество лесных земель, показатели качества почв.

Почва является важнейшим компонентом наземных экосистем. Сложно недооценить ее значение в происходящих на Земле процессах, а также ее многочисленные функции. К экологическим функциям почвы относятся не только обеспечение произрастания растений, среды жизни почвенных организмов, поддержание биоразнообразия, но и поглощение загрязняющих веществ, поступающих из атмосферы. Почвенный покров служит конечным приемником большинства техногенных химических веществ, вовлекаемых в биосферу. Обладая высокой емкостью поглощения, почва является главным аккумулятором и сорбентом токсикантов. Представляя собой геохимический

барьер на пути миграции загрязняющих веществ, почвенный покров предохраняет сопредельные среды от техногенного воздействия. Однако возможности почвы как буферной системы не безграничны. Аккумуляция загрязняющих веществ и продуктов их превращения в почве приводит к изменению ее химического, физического и биологического состояния и деградации. В конечном итоге эти негативные изменения могут сопровождаться токсичным воздействием на другие компоненты экосистемы [1].

В России уже более четверти века не обновляется информация о временной и пространственной динамике изменения показателей качества земель, мониторинг и контроль лесных почв проводится только выборочно при научных исследованиях и на ограниченных площадях [2].

В Удмуртской Республике с 2013 г. работы по государственному мониторингу земель не проводятся ввиду высоких затрат и отсутствия финансирования, сокращения республиканской программы «Сохранение плодородия почв Удмуртской Республики». Таким образом, в условиях усиленного антропогенного воздействия на все компоненты природной среды мониторинг и оценка состояния почвенного покрова являются актуальными.

Основными почвами на территории Удмуртской Республики являются дерново-подзолистые, серые лесные оподзоленные и дерново-карбонатные. Главные особенности географического распространения почв следующие: в северной и центрально-восточной частях республики среди преобладающих дерново-подзолистых суглинистых почв повсеместно встречаются дерново-карбонатные и серые лесные оподзоленные почвы; в центрально – западной части преобладают дерново-подзолистые песчаные и супесчаные, а в южной – серые лесные оподзоленные, дерново-карбонатные и местами дерново-подзолистые почвы. Также встречаются пойменные дерновые аллювиально-слоистые и зернистые, овражно-балочные почвы и небольшие площади дерново-глеевых, болотных болотно-подзолистых почв [3].

В ходе исследования было отобрано 54 почвенных образца со всей территории Удмуртии. Карта пробоотбора представлена на рисунке 1.

Отбор проб осуществлялся по методу конверта с глубины 20–25 см. Из каждой точки было отобрано 1–2 кг смешанного почвенного образца, характеризующий почву данной точки пробоотбора.

В ходе лабораторного анализа отобранных образцов почв была выполнена оценка следующих показателей: гранулометрический состав, гидролитическая кислотность.

Гранулометрический состав является фундаментальной характеристикой почв, с ним тесно связаны поведение поступающей атмосферной влаги, закрепление органического вещества (ОВ), создание наиболее благоприятной почвенной структуры.

Проведенный анализ состава образцов почвы по методу Качинского, показал, что 41% образцов представлен легким суглинком, 24% – песком, 16% – супесью, 15% – суглинком тяжелым и по 2% глиной и суглинком сред-

ним. Таким образом, основная часть изучаемых образцов почв имеет легкий гранулометрический состав.

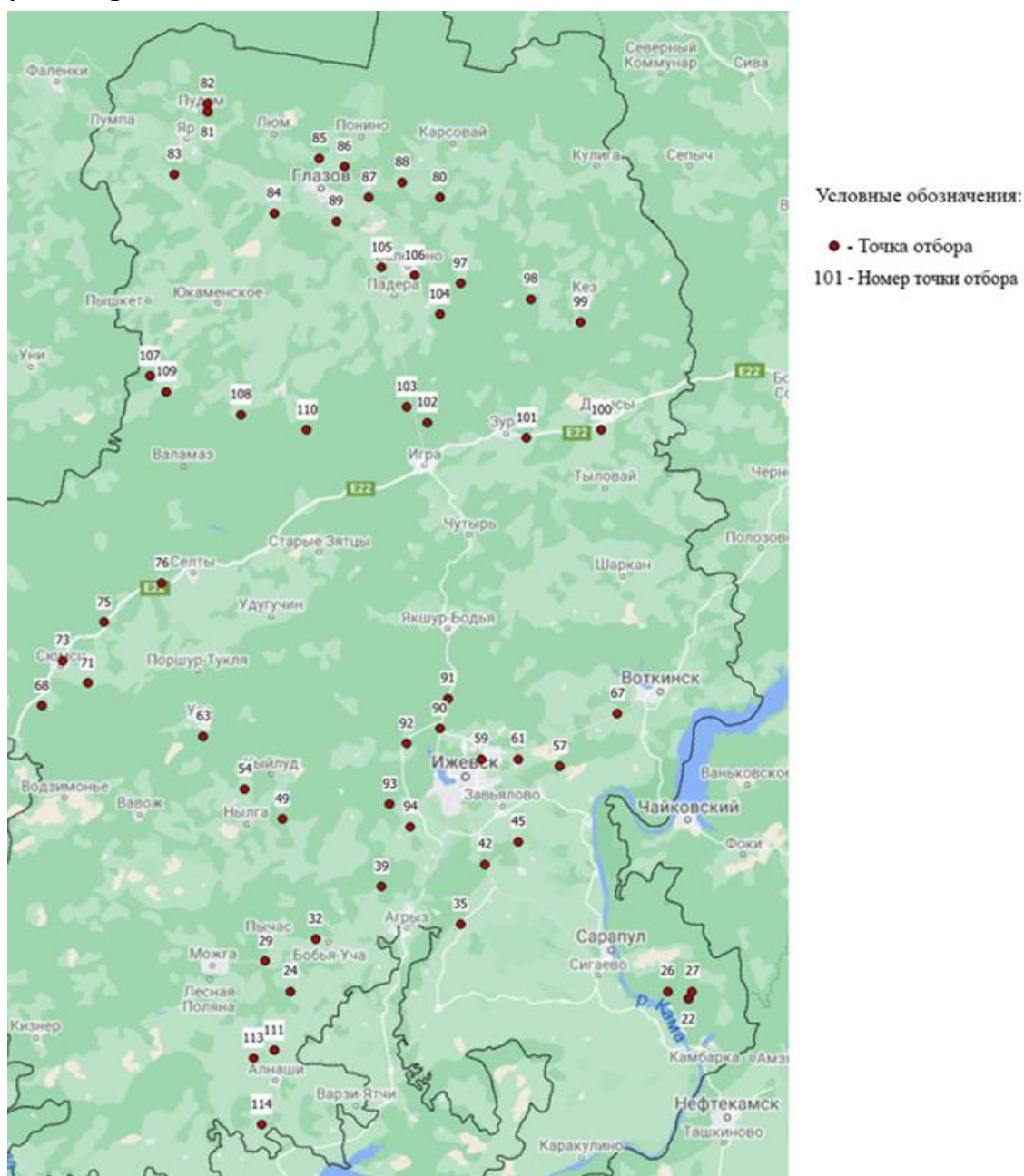


Рис. 1. Карта отбора образцов почв

Один из основных показателей почв, который всегда определяется при проведении химического обследования – кислотность. Кислотность почвы обусловлена наличием в ней органических и минеральных кислот и коллоидов, обладающих кислотными свойствами. Гидролитическая кислотность является суммарной, учитывающей обменную и актуальную кислотности почв [4]. Полученные результаты анализа гидролитической кислотности приведены на рисунке 2.

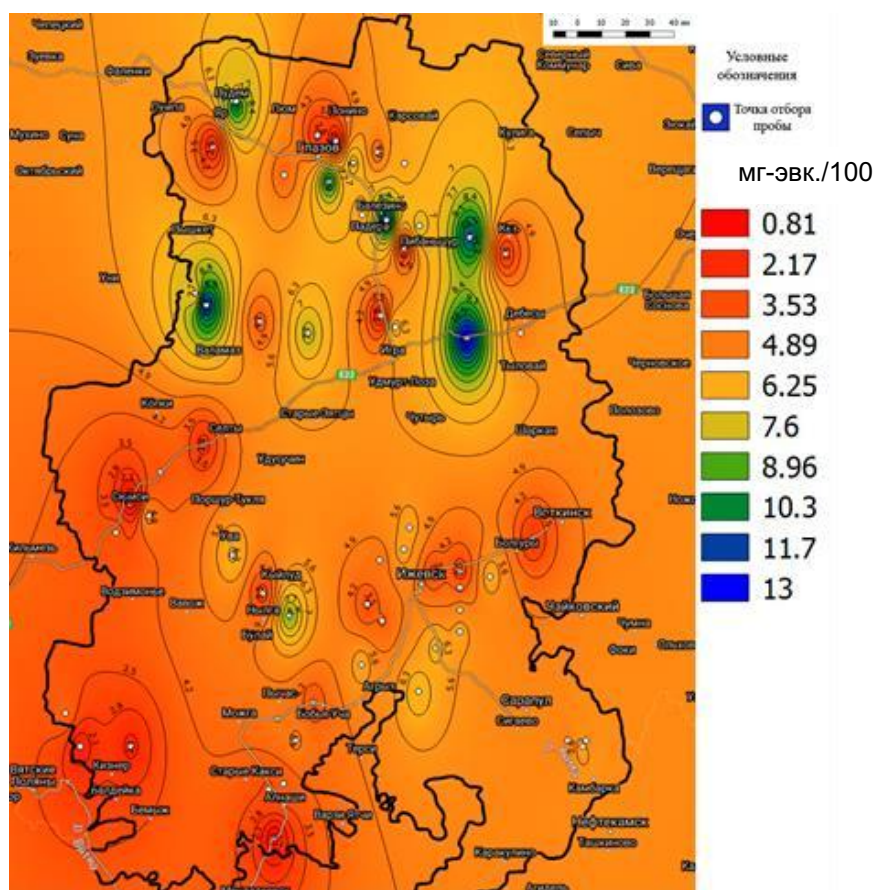


Рис. 2. Гидролитическая кислотность почв

Вблизи крупных населенных пунктов наблюдается изменение кислотности почв в щелочную сторону, что может быть вызвано разными причинами, одной из которых являются выбросы от стационарных и передвижных источников, содержащие оксиды серы, азота, углерода и соли тяжелых металлов.

Таким образом, отобранные образцы почв характеризуются легким гранулометрическим составом. Показатели гидролитической кислотности находятся в интервале от 0,81 до 13 мг-экв/100 г, при этом максимальные значения отмечаются в пробах, отобранных на севере Удмуртской Республики, а для почвенных образцов центральной и южной части Республики значения показателя составляют от 0,81 до 8,4 мг-экв/100 г.

Библиографический список

1. Гришина Л. А., Копчик Г. Н., Моргун Л. В. Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга. М., 1991. 82 с.
2. Яковлев А. С. Защита почв как компонента окружающей природной среды // Земля и почвы России: проблемы и решения. М., 2010. С. 75–86.
3. Караваев В. Н. Почвы удмуртского Прикамья: материалы к биологической характеристике. Свердловск, 1958. С. 43–47.
4. Ганжара Н. Ф. Борисов Б. А. Почвоведение с основами геологии. М., 2022. 352 с.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ СЕЛИТЕБНОЙ И РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОН ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЧАСТИ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ГОРОД ВОРОНЕЖ

Л. С. Пищулина, Л. А. Яблонских, М. Гебретинсое Менгеша
Воронежский государственный университет,
l.s.pishchulina@mail.ru

В статье рассматриваются результаты исследований почв селитебной и рекреационной функциональных зон правобережной части городского округа город Воронеж, дается характеристика физико-химических и химических свойств почв, а также приводится сравнительный анализ почв на участках с различной антропогенной нагрузкой.

Ключевые слова: почвы, город, урбаноземы, свойства, функциональная зона.

Высокие темпы роста, развития и функционирования городской инфраструктуры, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу промышленными предприятиями и автотранспортом, скопление бытовых отходов на несанкционированных свалках, многочисленные строительные работы – все это приводит к изменению облика естественных ландшафтов, нарушению залегания и загрязнению почвенного покрова (ПП) г. Воронежа [1, 2]. Изучение ПП различных функциональных зон имеет большое значение для определения его внутренней неоднородности и разнообразия свойств, что является основой для определения урбанистических функций отдельных комплексов на городской территории, а экологический анализ состояния почв в пределах каждой из них позволяет установить комфортность ландшафта для жизни и здоровья горожан. В связи с этим важная роль отводится изучению почв селитебной и рекреационной зон – мест обитания человека и комфортной для отдыха визуальной среды с особым правовым режимом использования земель соответственно.

Селитебная (жилая) функциональная зона является фонообразующей в создании пространства города Воронежа, состоит из массивов многоэтажной (31%) и малоэтажной застройки (17%), которые создают жилые районы, общественные центры, учреждения и предприятия первичного обслуживания населения. Селитебная зона диффузно распределена в правобережной части города, особенно это касается частного сектора. Почвенный покров представлен урбаноземами, частично экранированными в сочетании с черноземами (в частном секторе) и урбочерноземами и др. [1].

Городская рекреационная зона – многофункциональный компонент городского ландшафта. Она включает городские (районные) парки, лесопарки, спортивные комплексы, пляжи, места туризма. На правобережье Воронежа по функциональному назначению выделяют три основных типа лесопарков: про-

гулочные, спортивные и полифункциональные, состоящие из природных растительных сообществ, а также созданных человеком. На эту зону приходится всего лишь 5% от площади городского ландшафта. Ее назначение (главным образом, спортивная и общая рекреационная нагрузка), привлекательность, соотношение и размещение в пространстве города зависят от типовой принадлежности почв и их лесорастительных свойств. Почвы пригородных лесных массивов – это естественные ненарушенные дерново-лесные и серые лесные почвы, а городских парков – черноземы выщелоченные и типичные, частично экранированные, и культуроземы.

В связи с увеличением уровня нагрузки на почвенный покров в рекреационной и селитебной зонах города исследование их почв становится одной из первостепенных задач экологического мониторинга городской среды. Цель исследования: изучить физико-химические свойства почв селитебной и рекреационной зоны правобережной части городского округа город Воронеж.

Объектом исследования послужили почвы селитебной и рекреационной функциональных зон правобережной части города: селитебная зона с многоэтажной и малоэтажной застройкой: ул. Никитинская, Московский проспект, ул. Хользунова; частный сектор – ул. Крайняя и ул. Остроухова; рекреационная зона: лесной массив пригородной зоны, городской парк «Северный лес» и скверы Платоновский, Кольцовский, «Надежда», им. И. А. Бунина. Для изучения почв указанных зон методом конверта на глубине 0-20 см было отобрано 20 образцов в двух повторностях. Аналитические исследования состояния почв данных объектов проведены на базе эколого-аналитической лаборатории кафедры экологии и земельных ресурсов медико-биологического факультета Воронежского государственного университета по общепринятым в почвоведении методам [3, 4].

Общие пределы колебаний показателей физико-химических и химических свойств почв жилой зоны следующие: содержание гумуса составляет 4,5–5,1% в черноземах выщелоченных частного сектора и 2,1–3,7% в урбо-черноземах многоэтажной застройки (табл. 1). Содержание гумуса достигло своих максимальных значений в точке наблюдения № 20 (Остроухова ул.) – 5,1%, минимальные значения гумуса зафиксированы в точке наблюдения № 17 (Транспортная ул.) – 2,1%. В целом, исследованные почвы относятся к малогумусным видам, однако почвы частного сектора отличаются более высокими показателями содержания гумуса, чем почвы многоэтажных застроек. Реакция почвенной среды находится в интервале 6,0–6,8 и 7,1–7,2 и относится к нейтральной и слабощелочной соответственно. Наиболее высокие значения $pH_{сол.}$ зафиксированы в почвах по ул. Транспортная (pH 7,3). В составе обменных оснований Ca^{2+} преобладает над Mg^{2+} , а их общее содержание находится в интервале от 30–36 до 39–48 мг-экв/100 г и от 3–4 до 7–10, соответственно. Величина гидролитической кислотности варьирует в интервале от 0,8 до 2,7 мг-экв/100г, причем ее полное отсутствие часто отмечается в почвах многоэтажной селитебной зоны. Количество щелочногидролизующего азота находится в интервале 11–12 мг/100г и 3–7 мг/100г у почв частной и

многоэтажной застроек соответственно. Исключение составляют урбочерно-земы типичные на ул. Никитинской, в которых его величина равна 21 мг/100г. Содержание подвижного фосфора составляет 22–28 мг/100г во всех исследованных почвах селитебной зоны, а обменного калия – изменяется в широких пределах: 45–62 мг/100г и 77–132 мг/100г. Меньше всего K_2O содержится в почвах по ул. Транспортной (20 мг/100г).

Таблица 1

**Физико-химические и химические свойства почв селитебной зоны
правобережной части города Воронежа (глубина 0–20 см)**

Точки отбора почвенных образцов	рН сол.	Гумус, %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	(Ca ²⁺ + Mg ²⁺)	Нг	N _{ш.}	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг-экв/100г						
Многоэтажная застройка									
Никитинская ул., № 14	7,2	2,6	47,6	8,4	56,0	Вск.	21,3	28	132,5
Кольцовская ул., № 15	6,8	3,7	41,0	10,2	51,2	0,8	6,6	23	77,5
Транспортная ул., № 16 и № 17	7,1	2,1	47,6	8,5	56,1	Вск.	3,2	24	20,0
	7,3	2,8	45,2	9,4	54,6	Вск.	4,4	26	20,0
Хользунова ул., № 18	6.7	4,6	38,5	7,3	45,8	2,1	7,3	23	53
Частный сектор									
Крайняя ул., № 19	6,4	4,5	35,5	4,2	39,7	2,7	11,9	22	62,5
Остроухова ул., № 120	6,0	5,1	30,0	3,5	33,5	2,4	11,2	27	45

Общие пределы колебаний показателей физико-химических и химических свойств почв рекреационной зоны следующие: количество гумуса в дерново-лесных почвах равно 4,1–4,2%, серых лесных – 1,9–3,7 (в светло-серых), и 4,4–6,7% (в серых и темно-серых), что позволяет отнести их к мало- и среднегумусным видам (табл. 2). Меньше всего содержится гумуса в культуросемах скверов «Надежды» и им. И. А. Бунина (3,0–3,6%). Реакция почвенной среды находится в интервале от 3,4 до 4,9 в природных дерново-лесных и серых лесных почвах северо-западной и северной окраин города, и от 6,3 до 6,7 – в почвах городских скверов центра города. Данные показатели соответствуют кислой и нейтральной среде. Во всех исследованных почвах рекреационной зоны среди обменных оснований доминирует Ca^{2+} над Mg^{2+} : 12–26 и 2–8 мг-экв/100г – в дерново-лесных и серых лесных почвах; 20–27 и 4–8 мг-экв/100 г – в культуросемах скверов. Величина гидролитической кислотности варьирует в интервале 2,0–3,6 – в природных почвах лесных массивов и 0,7–2,8 мг-экв/100г – в почвах городских скверов. Количество щелочногидролиземого азота находится в интервале 4–24 мг/100г. Содержание подвижного фосфора 0–30 мг/100г, содержание обменного калия 0–40 мг/100г. Большинство почв рекреационной зоны характеризуется высокой обеспеченностью этими элементами питания.

Таблица 2

Физико-химические свойства почв рекреационной зоны правобережной части города Воронежа (глубина 0–20 см)

Точки отбора почвенных образцов	pH сол.	Гумус, %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	(Ca ²⁺ + Mg ²⁺)	Нг	N _{м.}	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг-экв/100г						
Лесной массив близ ул. Ломоносова	3,7	5,2	18,1	7,2	25,3	2,5	11,9	27	32,5
	3,4	4,5	26,4	8,3	34,7	2,5	15,9	23	30,0
Парк «Северный лес»	3,8	4,1	13,6	2,4	16,0	3,4	12,3	23	32,5
	3,8	4,2	12,0	3,3	15,3	3,4	6,6	30	30,0
Лесной массив близ ФГБУ ГЦАС «Воронежский»	4,9	1,9	14,6	4,0	18,6	2,1	24,2	23	45,0
	3,5	3,7	19,7	6,1	25,8	3,6	20,7	28	45,0
Яблоневый сад	3,9	4,4	20,6	4,5	25,1	1,9	3,8	26	32,5
	4,0	6,7	28,5	8,3	36,8	1,8	4,3	22	32,5
Кольцовский сквер	6,3	6,4	26,9	7,4	34,3	1,5	22,3	7,5	39,8
Платоновский сквер	6,4	5,1	21,5	5,0	26,5	0,65	5,0	8,3	37,4
Бунинский сквер	6,6	3,0	20,4	3,8	24,2	4,0	3,7	6,8	14,8
Сквер «Надежда»	6,7	3,6	23,5	4,5	28,0	1,8	5,1	6,9	17,2

В результате изучения почв селитебной и рекреационной функциональных зон правобережной части городского округа город Воронеж было установлено, что преобладающими почвами селитебной зоны под многоэтажной застройкой являются урбочерноземы, в частном секторе – естественные ненарушенные черноземы выщелоченные и типичные, в рекреационной зоне – естественные ненарушенные дерново-лесные и серые лесные почвы (городские леса и лесопарковые территории северо-западной и северной части города), а также культуроземы – почвы городских скверов центральной части города.

Исследования физико-химических и химических свойств почв указанных функциональных зон показали, что наиболее благоприятными свойствами обладают почвы рекреационной зоны, сформировавшиеся, главным образом, под естественной растительностью. Почвы селитебной зоны заметно уступают им по свойствам, кроме естественных ненарушенных почв частного сектора.

Почвы селитебной зоны с многоэтажной застройкой подвергаются как физическим, так и химическим преобразованиям. Наиболее типичными из преобразований физического состояния являются: нарушение морфологического строения почвенного профиля на большую глубину (>60 см), изменение сложения и плотности генетических горизонтов. Верхняя часть профиля урбаноземов и урбо-черноземов содержит множество включений различного состава и качества, в основном состоящих из пылевато-песчаного материала с примесью городского мусора, почвы часто находятся под мощным асфальто-бетонным покрытием, камнем или плиткой. Отмечаются нарушения химического состава почв: щелочность среды у преобразованных почв выше, чем у фоновых природных почв, а содержание гумуса и питательных элементов в верхнем 20 см слое отличается динамичностью.

Полученные материалы могут служить информационной базой для экологического мониторинга, экспертизы и зонирования городских территорий, проведения качественной оценки почв города Воронежа.

Библиографический список

1. Серeda Л. О., Куролап С. А., Яблонских Л. А. Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения почвенного покрова промышленных городов. Воронеж : Изд-во «Научная книга», 2018. 196 с.
2. Серeda Л. О., Яблонских Л. А., Куролап С. А. Мониторинг эколого-геохимического состояния почвенного покрова города Воронежа // Вестник Волгоградского государственного ун-та. Серия 11. Естественные науки. 2015. № 2(12). С. 66–73.
3. Воронеж: экономико-географическое исследование / под ред. Г. Т. Гришина. Воронеж : Изд-во ВГУ, 1986. 224 с.
4. Щеглов Д. И., Громовик А. И., Горбунова Н. С. Основы химического анализа почв. Воронеж : Изд-во ВГУ, 2019. 332 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ УРБАНОЗЕМОВ ВБЛИЗИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

*Т. А. Адамович, А. С. Олькова, Е. В. Товстик, М. А. Сысолятина
Вятский государственный университет, morgan-abend@mail.ru*

В статье представлены результаты изучения почв вблизи железнодорожного полотна станции Далиничи Мурашинского района Кировской области. Уровень содержания подвижных соединений ТМ в пробах почвы, отобранных на расстоянии 50, 100, 500 и 100 м от объекта воздействия, за три года значимо не изменился и находился в пределах установленных нормативов. По сравнению с фоновыми территориями (3000 м), в пробах почвы вблизи железнодорожного полотна наблюдается накопление подвижных соединений Zn и Pb. Сделано заключение о целесообразности использования комплекса методов биотестирования и биоиндикации для дальнейших экологических исследований состояния почв вблизи железнодорожного полотна.

Ключевые слова: загрязнение, почва, железная дорога, токсичность, каталазная активность, тяжелые металлы.

Железнодорожный транспорт крайне важен для функционирования и развития социально-экономических сфер многих регионов. Благодаря таким транспортным связям осуществляется логистика грузов по масштабным территориям, а также улучшаются социальные связи пространства [1].

Однако железные дороги и их инфраструктура как любые антропогенные объекты имеют специфические экологические последствия эксплуатации. К основным экологически значимым воздействиям железных дорог относят:

– барьерные эффекты, обусловленные фрагментацией мест обитания диких видов животных за счет прокладки железных дорог;

– шумовое загрязнение, негативно влияющее на человека и других представителей биоты;

– химическое загрязнение, связанное с истиранием металлических частей агрегатов и линий железных дорог, выбросами в атмосферу продуктов сгорания топлива для тепловозов, аварийными разливами (россыпями) перевозимого товара, органическим загрязнением.

Наибольшее воздействие при эксплуатации человеком железнодорожного полотна испытывает почва. Фактически за счет чужеродных включений (привозной песок), а также интенсивной антропогенной деятельности она приобретает статус урбанозема. Несмотря на это измененный почвенный покров продолжает оставаться частью среды обитания, выполняет важные почвенные экологические функции, поэтому изучение его состояния является актуальной научно-прикладной задачей.

Целью данной работы было определение взаимосвязей физико-химических и интегральных экологических показателей состояния почв вблизи железнодорожного полотна, расположенного в южно-таежной подзоне.

Исследования проводили в течение 3-х лет (2017–2019 гг.). Территориально площадки наблюдения располагались вблизи станции Далиниччи (широта 58°35'47.8"N; долгота 49°39'36.4"E) в Мурашинском районе Кировской области. Средняя температура местности составляет 3,5 °С, средняя зимняя температуры воздуха – -9,5 °С, средняя летняя температура 16,7 °С. Преобладающие естественные почвы – дерново-подзолистые, гранулометрический состав песчаный и супесчаный, обеспеченность гумусом низкая, рН почвенной вытяжки – сильноокислая и кислая.

Пробы почвы для анализа отбирали в летний период, используя метод конверта с составлением смешанного образца. Глубина отбора – 0–10 см. Участки пробоотбора располагались на расстоянии 50 м справа и слева от железной дороги вблизи станции, а также на удалении 100, 500, 1000 м слева от нее в направлении Луза – Киров. Фоном служил участок на расстоянии 3000 м от железнодорожного полотна.

В высушенных и гомогенизированных пробах почвы определяли содержание подвижных соединений тяжелых металлов методом атомно-абсорбционным спектрометрии [2], уровень рН солевой вытяжки из почв – потенциометрическим [3], содержание органического вещества и аммонийного азота – спектрофотометрическим [4, 5], активность почвенной каталазы – газометрическим методом [6]. О токсичности проб почвы судили по смертности *Daphnia magna* Straus [7] и изменению биolumинесценции препарата «Эколюм» на основе бактерий *Escherichia coli* Migula [8].

Общий уровень загрязненности почвы подвижными соединениями ТМ выражали через суммарный показатель загрязнения (Zc), который рассчитывали как сумму превышения концентрации ТМ на участке исследования по сравнению с фоновой территорией [9, 10].

В таблице 1 приведены усредненные за три года результаты наблюдений.

Таблица 1

**Характеристика почв, прилегающих к железному полотну, и
почв фоновой участка**

Участок пробоотбора / удаленность от железнодорожного полотна	pH	Органическое вещество, %	Аммонийный азот, мг/кг*	Активность каталазы, см ³ O ₂ на 1 г почвы за 1 мин*	Zc	Токсичность	
						<i>D. magna</i>	<i>E. coli</i>
Фоновый участок / 3000 м	4,9±0,1	7,9±0,8	4,8±0,2	4,0±0,3	—	0	9,61
Участок №1 / 50 м справа	7,1±0,1	9,3±0,9	2,0±0,4	2,0±0,4	6,86	63,3	49,05
Участок №2 / 50 м слева	7,2±0,1	7,4±0,7	5,65±0,02	2,6±1,0	35,4	63,3	49,05
Участок №3 / 100 м	6,8±0,1	7,9±0,8	6,92±0,12	2,53±0,17	8,48	6,7	31,33
Участок №4 / 500 м	6,8±0,1	13,0±1,3	4,4±0,4	2,70±0,17	11,2	0	14,54
Участок №5 / 1000 м	7,5±0,1	7,4±0,7	3,18±0,11	3,0±0,2	10,8	0	9,23

Примечание: результаты представлены в виде среднего арифметического значения, полученного за три года исследований с указанием стандартного отклонения; показатели токсичности колеблются в пределах погрешности используемых методик.

Уровень pH почв вблизи железнодорожного полотна значительно изменяется в сторону щелочной среды по сравнению с пробами почв фоновой территории, характеризующимися более кислой реакцией среды. Разность значений pH в среднем составляет 2 единицы. Следует отметить, что кислые почвы являются типичными для исследуемой территории. В связи с этим сдвиг значений pH в щелочную сторону является признаком антропогенной деятельности, в том числе, связанной с эксплуатацией железной дороги.

Содержание органического вещества в пробах почвы большинства исследованных участков значимо не различалось между собой ($p > 0,05$). В отдельные годы наблюдали локальные повышения значений показателя, что возможно связано с естественными природными процессами.

Содержание подвижных соединений ТМ в большинстве исследованных пробах почвы находилось в пределах установленных нормативов, но по сравнению с фоновыми территориями отмечается накопление подвижных соединений Zn и Pb. По суммарному показателю загрязнения большинство участков в пределах 50-1000 м от железнодорожного полотна характеризуется допустимым уровнем загрязнения. Однако, для участка №2, расположенного в 50 м слева от железной дороги, установлен опасный уровень загрязнения.

Значения интегральных экологических характеристик почвы согласуются с их физико-химическими свойствами. Критические уровни токсичности ($> 50\%$ угнетения) для двух тест-организмов были установлены на ближайших к железнодорожному полотну участках. В пробах почвы с этих же участков отмечен самый низкий уровень активности каталазы – показателя, свидетельствующего о благополучии микробного пула почвы.

Для подтверждения закономерностей, выявленных эмпирическим путем, были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона (r) между полученными массивами данных (табл. 2).

Таблица 2

**Коэффициенты корреляции Пирсона (r), вычисленные
для парных массивов данных**

Показатели	Zс	pH	Органическое вещество	Аммонийный азот	Удаленность
Удаленность	-0,27	-0,86	-0,18	-0,03	—
Активность каталазы	0,19	-0,79	-0,23	0,21	0,95
Токсичность (<i>D. magna</i>)	0,50	0,37	-0,19	-0,25	-0,53
Токсичность (<i>E. coli</i>)	0,42	0,41	-0,17	-0,0009	-0,69

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, свидетельствующие о высоком уровне связи между массивами данных; жирным и курсивом выделены значения, свидетельствующие о среднем уровне связи между массивами данных.

Результаты таблицы 2 наглядно демонстрируют, что активность каталазы находится в тесной взаимосвязи с удаленностью участка от железнодорожного полотна и уровнем pH солевой вытяжки из почв. Однако значимой связи между активностью почвенной каталазы и Zс не выявлено. Реакции лабораторных тест-организмов *D. magna* и *E. coli* также были связаны с удаленностью от объекта воздействия, но уровень этой связи можно охарактеризовать как средний ($<0,70$). Уровень связи между токсичностью и содержанием ТМ был выше, чем для каталазы. Это позволяет предположить, что реакции лабораторных тест-организмов в большей мере зависят от содержания ТМ в почве, чем реакции естественного микробного пула. Вероятно, постоянный контакт почвенной микробиоты с загрязненным субстратом сформировал устойчивый адаптационный ответ на химический стресс (комплекс загрязняющих веществ), что обусловило высокий коэффициент корреляции между показателями «каталаза-удаленность от объекта воздействия».

Взаимосвязи «каталаза-токсичность по *E. coli*» и «каталаза-токсичность по *D. magna*» не отражены в таблице 2, однако они являются значимыми ($r = -0,73$, $r = -0,62$ соответственно) и демонстрируют согласованность между собой результатов биоиндикации и биотестирования.

Таким образом, уровень накопления подвижных соединений ТМ вблизи железнодорожного полотна за три года значимо не изменился, следовательно, загрязнение почвенного покрова возможно за счет многолетнего поступления загрязнителей.

Выявлена тесная взаимосвязь активности каталазы почвы, удаленности участка от железнодорожного полотна и уровня pH, что свидетельствует о реакции почвенного микробного сообщества не только на накопление ТМ, но и на комплекс других факторов, связанных с эксплуатацией железной дороги.

Токсичность проб почвы вблизи железнодорожного полотна в меньшей степени обусловлена удаленностью от него и в большей степени зависит от содержания подвижных соединений ТМ, по сравнению с аналогичными связями, установленными для каталазной активности. По нашему мнению, это связано с тем, что биотесты являются краткими по времени и демонстрируют реакцию на приоритетные токсиканты, а методы биоиндикации способны уловить продолжительное воздействие комплекса загрязнителей.

Результаты биотестирования (*E. coli* и *D. magna*) и биоиндикации (активность почвенной каталазы) согласуются между собой, демонстрируют разные аспекты химического стресса, поэтому подобное сочетание целесообразно применять для дальнейших экологических исследований состояния почвенного покрова вблизи железнодорожного полотна.

Библиографический список

1. Banerjee I., Saha A. Mobility centre-oriented urban regeneration: examining place value of railway stations // *GeoJournal*. 2022. doi: 10.1007/s10708-022-10582-y
2. ФР.1.31.2018.29677. Методика измерений массовых концентраций элементов в пробах природных, питьевых и сточных вод атомно-абсорбционным методом. М., 2017. 27 с.
3. ПНД Ф 14.1:2:3:4.121–97. Методика изменения pH проб вод потенциометрическим методом. 2016. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200056733> (дата обращения: 4.03.2022)
4. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. М. : Изд-во стандартов, 1992. 6 с.
5. ГОСТ 26489-85. 1985. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. М. : Изд-во стандартов, 1985. 5 с.
6. Инишева Л. И., Ивлева С. Н., Щербакова Т. А. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2003. 122 с.
7. ФР 1.39.2007.03222 Биологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодovitости дафний [Электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293842/4293842234.htm> (дата обращения: 6.12.2021).
8. ПНДФ Т 14.1:2:3:4.11-04. Методика определения интегральной токсичности поверхностных, в том числе морских, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных экстрактов почв, отходов, осадков сточных вод по изменению бактериальной биолуминесценции тест-системой «Эколюм», 2010.
9. Саеt Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. Геохимия окружающей среды. М. : Недра, 1990. 335 с.
10. Корельская Т. А., Попова Л. Ф. Тяжелые металлы в почвенно-растительном покрове города Архангельска // *Арктика и Север*. 2012. № 7. С. 1–17.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ И СВИНЦА В ПОЧВАХ ГОРОДА УХТА

Е. А. Скребенков, Е. Ю. Кряжева

*Ухтинский государственный технический университет,
evgeniigskrebenkov@mail.ru*

В данной работе проведена оценка содержания кадмия и свинца в верхнем горизонте почв разных функциональных зон города Ухта. Установлено, что почвы Ухты характеризуются низкой буферной способностью и относительно других городов загрязнены незначительно. Предельно допустимые концентрации превышены в единичных точках, большая часть которых расположена в промышленной зоне. По сравнению с кадмием для свинца установлены более высокие уровни превышений относительно ОДК и фоновых показателей, а также сильная вариация полученных концентраций в почвах с наибольшим его содержанием.

Ключевые слова: промышленный город, городские почвы, тяжелые металлы, оценка загрязнения.

Современные города – это в разной степени преобразованные человеком природные ландшафты, испытывающие огромное воздействие техногенного фактора. Городская среда характеризуется повышенным содержанием всех известных поллютантов, циркулирующих между ее компонентами. Из всего многообразия этих веществ особого внимания заслуживают тяжелые металлы, интенсивно используемые человеком во многих отраслях хозяйственной деятельности и в разных формах активно поступающие в окружающую среду в составе различных отходов. В почвах городов происходит их активная концентрация и трансформация, а в некоторых случаях, и миграция в сопредельные среды. Свинец и кадмий относятся к числу приоритетных тяжелых металлов 1 класса опасности, контроль за которыми обязателен во всех средах [1]. Важнейшими источниками их поступления в окружающую среду являются предприятия металлургического профиля, теплоэнергетика, а также места скопления отходов.

Цель данной работы заключалась в оценке содержания кадмия и свинца в почвах разных функциональных зон города Ухта.

Для реализации поставленной цели летом 2017 и 2018 гг. методом конверта из верхних горизонтов были отобраны почвенные образцы в точках, соответствующих разным функциональным зонам города – транспортной, промышленной, рекреационной и селитебной – всего 44 точки. Почвы анализировали в соответствии с общепринятыми методами в экоаналитической лаборатории Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Определяли валовое содержание и содержание подвижных форм свинца и кадмия, а также углерод органических соединений и кислотность почв (pH_{KCl}). Полученные данные

сравнивали с ОДК и ПДК [1], кларками содержаний в верхней части континентальной земной коры [2], кларками, установленными для городских почв [3], а также с фоновыми региональными показателями (для городских аналогов природных почв в отдельных точках из числа исследованных) [4].

Ухта – небольшой город с населением около 92 тысяч человек в центральной части Республики Коми, исторически связанный с нефтяной и газовой отраслями промышленности. Почвы Ухты маломощные, сформированные на привозных грунтах преимущественно из песка и торфа, подстилаемых щебнисто-гравийным материалом. Фрагменты естественных почв, представленные преимущественно подзолами и пойменными почвами, сохранились на отдельных участках в границах рекреационной зоны города.

Как показали проведенные исследования, искусственные почвоподобные образования Ухты характеризуются преимущественно нейтральной реакцией почвенных растворов и высокой вариабельностью в содержании углерода органических соединений (от 0,45 до 14,16%), обусловленной внесением разного количества торфа. Городским аналогам природных почв свойственны более низкие значения pH_{KCl} (до 5 единиц) и, в целом, невысокое содержание углерода органического, за исключением лесных подстилок (до 24%).

Согласно полученным данным (рис.), самые высокие концентрации свинца соответствуют почвам промышленной зоны, что, очевидно, связано с повышенным уровнем техногенного воздействия на этих участках городской территории. Для кадмия же установлен относительно повышенный уровень содержания в почвах двух изученных зон – промышленной и рекреационной, что может быть обусловлено комплексным действием факторов как природной (геохимический фон), так и антропогенной природы. Наибольшая вариация полученных значений характерна для свинца в почвах промышленной и селитебной зон (более 100 %), что свидетельствует о существовании локальных источников загрязнения на этих территориях. Концентрации кадмия в изученных почвах более однородные и варьируют в меньшей степени (коэффициент вариации не превышает 50 %), что может указывать либо на существенный вклад природного фактора в общий уровень его содержания, либо – на однородный фоновый (городской фон) уровень загрязнения этим поллютантом.

Сравнение полученных данных с существующими санитарно-гигиеническими нормативами [1] показало превышение ПДК валового содержания свинца в почвах промышленной (3 точки, максимальное превышение в 3,4 раза) и селитебной (1 точка в 2,8 раза) зон, кадмия – в почвах промышленной (2 точки, максимальное в 1,2 раза) и рекреационной (2 точки, максимальное в 1,2 раза). Установлено также превышение ПДК по содержанию подвижных форм свинца в 3 точках промышленной зоны – максимальное превышение в 3,3 раза.

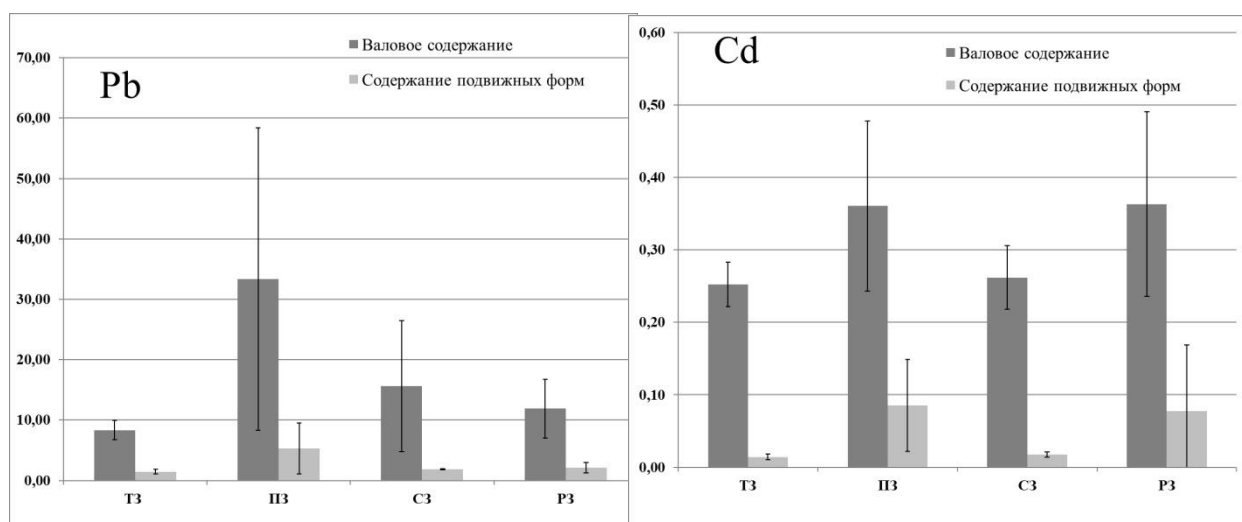


Рис. Содержание кадмия и свинца (в мг/кг) в почвах транспортной (ТЗ), промышленной (ПЗ), селитебной (СЗ) и рекреационной (РЗ) зон города Ухта. Планками погрешности показаны границы доверительного интервала для $p = 0,95$

Кларки содержаний в верхней части континентальной земной коры [2] превышены для кадмия во всех изученных точках (в 1,4 – 6,7 раза), а для свинца – в почвах промышленной зоны (в 2 раза), селитебной (2 точки, в 1,3 и 5,3 раза) и рекреационной (2 точки, в 1,05 и 1,1 раза).

Превышение кларков, установленных для почв городов с населением менее 100 тысяч человек [3], выявлено только для свинца в отдельных точках промышленной (3 точки, максимально в 2,8 раза) и селитебной (1 точка в 2,3 раза) зон.

Городские аналоги природных почв (подзол и пойменная почва) в рекреационной зоне города Ухта (территории 2 парков) характеризуются повышенным содержанием свинца и кадмия по сравнению с региональным фоновым уровнем [4]. Фоновый уровень, установленный для подзолов, по содержанию свинца превышен в 3,7, по содержанию кадмия – в 1,9 раза. Для пойменной почвы города, напротив, отмечено более интенсивное накопление кадмия (фоновые показатели превышены почти в 3 раза) по сравнению со свинцом (фон превышен в 2,3 раза). Подобная особенность, возможно, связана с разными источниками поступления свинца и кадмия в почвы исследованных территорий (аэрогенное и гидрогенное загрязнение, локальные источники).

Следует также отметить, что наибольшая степень подвижности (доля подвижных форм от валового содержания) изученных элементов характерна для почв промышленной и рекреационной зон (около 20%), что, по-видимому, связано с более низкими значениями показателя pH в рекреационной зоне, с более интенсивным техногенным воздействием в промышленной зоне, и, в целом, с низкой буферной способностью исследованных почв.

Таким образом, почвы города Ухта характеризуются относительно невысоким [3] и безопасным [1] уровнем загрязнения свинцом и кадмием.

Наибольшие концентрации соответствуют почвам промышленной и рекреационной (для кадмия) зон. Загрязнение свинцом характеризуется высокой степенью неоднородности (промышленная и селитебная зоны), что указывает на присутствие локальных источников его поступления, в отличие от кадмия, концентрации которого варьируют существенно в меньшей степени. Относительно природного фона (с учетом региональных геохимических особенностей) содержание свинца в почве городского парка (подзол) превышено в 3,7 раза, что свидетельствует о существенном вкладе антропогенного фактора в общий уровень загрязнения свинцом, при этом в пойменной почве другого парка свинец накапливается менее интенсивно, несколько уступая кадмию, содержание которого выше фоновое в 2,9 раза, что, в свою очередь, может быть обусловлено разными путями их поступления в исследуемые почвы. Наибольшая подвижность изученных элементов характерна для зон с их повышенным валовым содержанием, что, очевидно, связано с техногенным воздействием, а также с низкой буферной способностью этих почв.

Библиографический список

1. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
2. Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2015. № 2. С. 7–17.
3. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д. : Изд-во ЮФУ, 2013. 380 с.
4. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми от 25.11.2009 г. № 529 «Об установлении нормативов фоновое содержание химических элементов и углеводородов в почвах Республики Коми».

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

С. В. Петров, Д. Г. Салихов, Н. В. Елышев
ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Sergeipetrov96@yandex.ru

В статье рассматривается пространственное распределение токсичных, эссенциальных и условно-эссенциальных элементов. Исследование проводилось на всей территории Республики Татарстан, где и были отобраны пробы почв. Установлено, что на всей территории Республики Татарстан наблюдается превышение валовых концентраций по тем или иным элементам.

Ключевые слова: Республика Татарстан, тяжелые металлы, атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, почва.

Тяжелые металлы – это элементы, вредные для организма животных и людей. В природе тяжелые металлы естественным образом присутствуют

практически во всех живых организмах. Часть из них нужны живым организмам как микроэлементы, а некоторые приносят только вред всем живым организмам, вплоть до гибели организма. Однако даже эссенциальные металлы, используемые живыми организмами как микроэлементы, при избытке в организме, проявляют токсичность. В результате чрезмерной промышленной деятельности людей количество металлов в окружающей среде резко возросло. Например, выплавка руд, сточные воды, выхлопы от двигателей внутреннего сгорания являются основными загрязнителями почвы. Опасность тяжелых металлов заключается в их способности кумулироваться в организме [1–3].

Актуальность данной работы обусловлена широким распространением тяжелых металлов в окружающей среде. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами представляет растущую угрозу для здоровья животных и человека. Из-за промышленной деятельности человека уровни тяжелых металлов в почве и сточных водах возрастают. Из почвы тяжелые металлы всасываются растениями, а дальше по трофической цепи передаются животным, а потом и человеку. Актуальным остается вопрос своевременного выявления повышенного содержания тяжелых металлов в почве для предотвращения их дальнейшего распространения. Целью работы стало изучение содержания тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан.

Исследование проводилось в рамках гранта РФФИ 18-013-01079 А с 2018 по 2021 гг. В этот период был произведен отбор проб почвы с установленных ранее участков. Выбор участков исследования был обусловлен целями и задачами гранта. Всего было отобрано 968 проб со всей территории Республики Татарстан. Места отбора проб отмечены на карте.

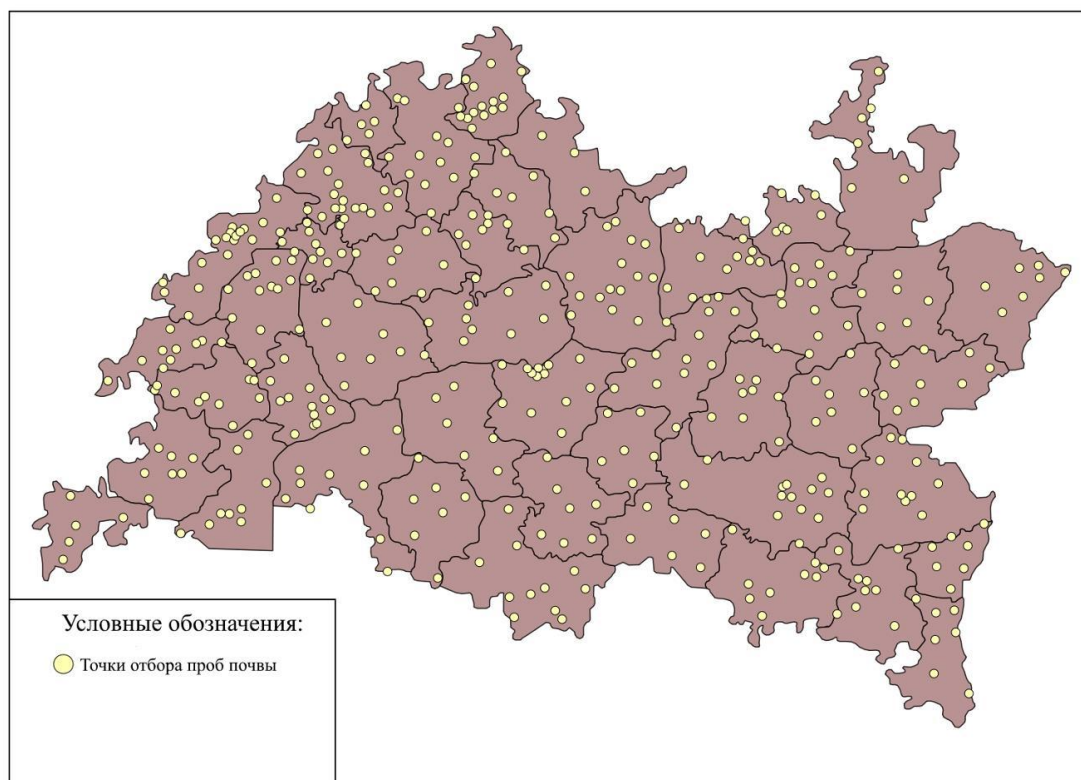


Рис. Карта отбора проб почвы

Для отбора образцов использовали бур Эйделямана, а для транспортировки и хранения – герметичные полиэтиленовые пакеты. Точечные пробы отбирали методом конверта.

Пробоподготовка отобранных для анализа образцов заключалась в их высушивании до воздушно-сухого состояния. Высушенные образцы почвы измельчили в фарфоровой ступке и просеяли через сито диаметром 0,25–0,5 мм. Готовые для анализа образцы хранили в целлофановых пакетах с застежкой-молнией.

Исследование было направлено на определение уровня содержания тяжелых металлов и мышьяка (Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Zn). В работе были использованы методы полного кислотного разложения пробы для анализа в биосубстратах [4] и атомно-эмиссионной спектрофотометрии с индуктивно связанной плазмой ICP. Содержание элементов определяли на атомно-эмиссионном спектрофотометре ICPE-9000 («SHIMADZU Corp.», Япония). При составлении таблиц по содержанию тяжелых металлов учитывали пределы обнаружения элемента прибором [5].

Республика Татарстан является крупным промышленным регионом Российской Федерации. Это определяет высокий уровень техногенной нагрузки на окружающую среду.

Тяжелые металлы, такие как кадмий, хром и свинец являются естественными компонентами земной коры и обычно присутствуют в окружающей среде в различных концентрациях. Они попадают в организм человека через пищу, питьевую воду и воздух. Некоторые из этих тяжелых металлов, так называемые микроэлементы – хром, железо, кобальт, медь, марганец, цинк и олово в низких концентрациях важны для человеческого организма, поскольку необходимы для метаболизма. Однако при более высоких концентрациях они токсичны и вредны для человека.

В нашем исследовании из эссенциальных элементов присутствовали кобальт, хром, медь, железо, марганец, молибден, селен, цинк. Их избыток в организме нарушает обмен веществ, секрецию гормонов и ферментов. Все жизненно необходимые микроэлементы поступают в организм с пищей и питьевой водой и относятся к числу незаменимых микронутриентов. Отравление тяжелыми металлами может вызвать загрязненная питьевая вода, воздух с промышленными выбросами или загрязненная почва.

На основании проведенных исследований установлено, что содержание Co в почвах Республики Татарстан варьировало в пределах 0,1–40 мг/кг, Cr – 0,1–0,64 мг/кг, Cu – 0,1–75 мг/кг, Fe – 53–45649 мг/кг, Mn – 3,1–2100 мг/кг, Mo – 0,1–98 мг/кг, Se – 0,1–12 мг/кг, Zn – 5–215 мг/кг, Ni – 1,8–85 мг/кг. Медианные значения валовых форм этих элементов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Медианные значения валовых форм эссенциальных и условно эссенциальных элементов в почвенном покрове провинций Республики Татарстан

Эссенциальные и условно эссенциальные элементы, в мг/кг					
Провинции РТ	Co	Cr	Cu	Fe	Mn
Предволжье	13,5	24,0	12,8	13940,3	110,0
Западное Предкамье	18,0	20,0	9,2	20683,5	87,0
Восточное Предкамье	14,0	24,0	13,0	18140,0	108,0
Западное Закамье	13,0	23,8	15,0	19995,0	98,0
Восточное Закамье	15,0	31,5	18,0	19622,0	112,5
Медианные значения по РТ	15,0	24,0	13,0	19123,5	102,0
Эссенциальные и условно эссенциальные элементы, в мг/кг					
Провинции РТ	Mo	Se	Zn	Ni	
Предволжье	4,0	28,8	2202,5	0,6	
Западное Предкамье	0,9	27,0	3947,0	0,5	
Восточное Предкамье	1,2	42,0	5289,0	0,4	
Западное Закамье	1,9	34,0	3822,0	0,6	
Восточное Закамье	1,5	46,0	3672,0	0,6	
Медианные значения по РТ	1,6	31,0	3673,0	0,6	

Более серьезную проблему могут создавать токсичные элементы. Остальные тяжелые металлы являются ксенобиотиками и при накоплении в организме животных и человека вызывают заболевания почек, печени, а также могут привести к летальному исходу [6]. Из токсичных элементов определялись алюминий, мышьяк, кадмий, свинец стронций. Проведенными исследованиями было установлено, что в почвах Республики Татарстан содержание Al варьировало в пределах 169–8150 мг/кг, As – 0,1–112 мг/кг, Cd – 0,05–9,3 мг/кг, Pb – 0,1–400 мг/кг, Sr – 0,1–508 мг/кг. Медианные значения валовых форм этих элементов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Медианные значения валовых форм токсичных элементов в почвенном покрове провинций Республики Татарстан

Токсичные элементы, в мг/кг					
Провинции РТ	Al	As	Cd	Pb	Sr
Предволжье	2202,5	0,4	0,6	0,1	0,4
Западное Предкамье	3947,0	0,1	0,5	2,0	0,1
Восточное Предкамье	5289,0	0,2	0,4	1,5	0,2
Западное Закамье	3822,0	0,1	0,6	1,4	0,1
Восточное Закамье	3672,0	0,1	0,6	0,1	0,1
Медианные значения по РТ	3673,0	0,1	0,6	0,6	0,1

В почвах Предволжья наблюдается превышение содержания As, Cd, Mn, Mo, Sr и Zn. В Западном Предкамье отмечаются повышенные концентрации Al, Co, Fe, Pb. В Восточном Предкамье наблюдается превышение следующих элементов: Al, As, Mn, Ni, Pb, Se. В Западном Закамье выявлено превышение токсичных (Al, Cd, Pb, Sr), эссенциальных и условно эссенциальных

(Cu, Fe, Mo, Ni, Zn) элементов. В Восточном Закамье отмечено превышение Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Se, Sr.

Таким образом, было установлено, что на всей территории Республики Татарстан наблюдается превышение валовых концентраций токсичных (Al, As, Cd, Pb, Sr) и эссенциальных (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Zn) элементов.

Библиографический список

1. Махниченко А. С., Пашенко А. Е. Влияние тяжелых металлов на организм человека // Science Time. 2016. № 2 (26). С. 395–401.
2. Ельчева И. А., Зубкова В. М., Гапоненко А. В. Оценка уровня загрязнения почв города Истра // Географическая среда и живые системы. № 1. 2018. С. 42–50.
3. Теплая Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. № 1 (23). С. 182–192.
4. МУК 4.1.1483-03 Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой, МУК (Методические указания по методам контроля) от 29 июня 2003 года №4.1.1483-03 [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032531> (дата обращения: 30.10.2021).
5. ПНД Ф 16.1:2.2:3.16-98 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли (валового содержания) мышьяка в твердых сыпучих материалах фотометрическим и титриметрическим методами с выделением его гипофосфитом натрия (с Изменениями), ПНД Ф от 25 июня 1998 года №16.1:2.2:3.16-98 [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/898937218> (дата обращения: 30.10.2021).
6. Ахполова В. О., Брин В. Б. Современные представления о кинетике и патогенезе токсического воздействия тяжелых металлов (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. 2020. Vol. 27. No. 1. P. 55–61. doi:10. 24411/1609-2163-2020-16578

МИГРАЦИОННЫЕ ЦИКЛЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТАХ КАМЕННОЙ СТЕПИ

Н. С. Горбунова¹, Е. В. Куликова²

¹ Воронежский государственный университет, vilian@list.ru

*² Воронежский государственный аграрный университет,
melior-agronomy@inbox.ru*

В статье исследована трансформация почвенных свойств под воздействием лесной растительности на территории Каменной степи. Изучены особенности миграции тяжелых металлов – Pb и Cd в черноземах. В почвах под лесной растительностью произошло изменение морфологических признаков, содержания гумуса, pH. Трансформация повлекла за собой изменения в валовом содержании металлов и в их обменных соединениях.

Ключевые слова: тяжелые металлы, валовое содержание, обменные соединения, свинец, кадмий.

Большое количество научных работ было посвящено исследованию трансформации почвенного покрова под воздействием лесополос. Вопрос является актуальным и в настоящее время, поскольку в почвах под лесополосами отмечается благоприятный мелиоративный эффект, происходит усиление биологического круговорота под действием лесной растительности [1]. Полезащитные лесонасаждения увеличивают урожайность сельскохозяйственных культур за счет улучшения водного баланса, неоспоримо положительное влияние лесополос на предотвращение процессов эрозии [2]. Необходимо отметить роль древесных насаждений в связывании углерода углекислого газа, что приводит к уменьшению парникового эффекта [3]. Лесные полосы стали неотъемлемой частью ландшафта, выполняя его экологические функции [4]. Полученные с помощью модельных экспериментов данные свидетельствуют о том, что почвенный раствор переносит не только органическое вещество, но и тяжелые металлы (ТМ).

В почвах под лесополосами создаются уникальные биоклиматические условия, которые влияют на почвенный покров. Благодаря постоянному поступлению в почву органического вещества в виде опада листьев и веток происходит более интенсивное гумусонакопление. Почвы, формирующиеся в однотипных условиях, могут трансформироваться под влиянием лесополос [2]. Лесная растительность влияет на морфологические, физические, физико-химические, химические свойства почв.

Цель настоящей работы – выявить влияние лесных полос на трансформацию основных показателей химического и физико-химического состояния черноземов обыкновенных (гумус, pH почвенной суспензии); изучить влияние уникальных почвенно-климатических условий лесополос на профильное распределение валового содержания Pb и Cd и их подвижных соединений; определить, существуют ли достоверные различия между черноземами пашни и лесополосы по содержанию валовых и подвижных соединений Pb и Cd.

Исследования проводились на территории землепользования ФГБНУ «Каменно-Степное опытное лесничество» (Таловский район Воронежской области). Данная территория расположена вдали от техногенных источников антропогенного загрязнения, поэтому ее можно отнести к фоновой. Объектами исследований послужили черноземы обыкновенные среднегумусные среднемошнотные тяжелосуглинистые на покровных карбонатных суглинках. Исследования проводились в лесополосе № 211 и на прилегающей к ней пашне. В перечисленных угодьях были заложены почвенные разрезы до глубины залегания почвообразующих пород.

Из каждого почвенного разреза отбирались почвенные образцы, начиная от поверхности до глубины 140–150 см. Отбор проводили послойно через каждые 10 см. В почвенных образцах определялись pH водной суспензии, содержание гумуса по общепринятым методикам [5]. Валовое содержание ТМ в почве определяли методом спекания с атомно-абсорбционным окончанием. Согласно [6] валовое содержание ТМ не дает исчерпывающие знания об экологической ситуации, а также о влиянии их на растения. Для этого необходи-

мо иметь информацию о подвижных соединениях, доступных для растений. Поэтому наряду с валовым содержанием, определяли обменные соединения ТМ в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера (ААБ) с рН 4,8 ед., соотношение почва – раствор 1:10. Количественное определение ТМ в полученных вытяжках проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре КВАНТ.З-ЭТА. Вариационно-статистическая обработка проводилась с использованием пакета программ Microsoft Excel.

Содержание гумуса и его формы всегда являются не только отражением жизни почвенной биоты, но и определяются динамической природой гумусообразования. В свою очередь гумусообразование определяется интенсивностью биологического круговорота, развитием растительности, а также взаимосвязью с факторами среды [1]. Все это отражается на его процентном содержании. Полученные данные свидетельствуют о том, что максимальное содержание гумуса отмечается в 0-10 см слое исследуемых черноземов, вниз по профилю происходит его постепенное снижение, с минимальным количеством в почвообразующей породе, которая характеризуется отсутствием биологических процессов. При сравнении верхних гумусовых горизонтов черноземов пашни и лесополосы отмечалось достоверное различие в содержании гумуса. Так, под влиянием длительно произрастающей древесной растительности отмечается более интенсивное гумусообразование и гумусонакопление. Поскольку лесополосы отличаются благоприятными условиями для развития данных процессов, содержание гумуса здесь достигает $7,91 \pm 0,13\%$. Черноземы обыкновенные под пашней характеризуются усилением процессов минерализации органического вещества. Кроме того, ежегодный вынос питательных элементов не в полной мере компенсируется внесением минеральных и органических удобрений, поэтому в верхнем горизонте черноземов под пашней содержание гумуса падает до $5,6 \pm 0,16\%$. Следует отметить, что древесная растительность влияет на десорбцию органических веществ из твердой фазы. При воздействии водных растворов, контактирующих с лесным опадом, происходит более глубокое проникновение органического вещества в почву. В результате этого гумусовый горизонт А+АВ в лесополосе более растянут по глубине, чем на пашне и местами достигает 80 см, в то время как под пашней он не превышает 57 см.

Для черноземов под пашней и лесополосой характерны различия в режимах миграции карбонатных соединений. Благодаря задержанию влаги в лесополосе формируются сравнительно прохладные микроклиматические условия. Эта влага способна мигрировать по почвенному профилю, что приводит к перемещению карбонатного горизонта в более глубокие слои. Так, в черноземах под пашней граница карбонатного горизонта встречается на глубине 41 ± 5 см. Под древесными породами линия вскипания опускается до глубины 70 ± 3 см. Если в черноземах обыкновенных пашни реакция среды нейтральная ($\text{pH} = 7,11 \pm 0,37$), то в черноземах под лесополосой она становится слабокислой ($\text{pH} = 6,52 \pm 0,31$). Статистический анализ полученных данных по содержанию гумуса и рН, по определению пространственных различий между паш-

ней и лесополосой показал закономерное уменьшение коэффициента вариации V от $23 \pm 2,13\%$ (лесополоса) до $5,9 \pm 1,07\%$ (пашня). Такое явление объясняется тем, что в результате распашки происходит выравнивание пространственных различий данных почвенных свойств. В лесополосе почвенные условия определяются характером растительности, которая вносит различия. Идентичная закономерность отмечается и в работе [2].

Кларк Pb в литосфере равен 16 мг/кг, кларк в почве – 20-25 мг/кг [7]. Уровень содержания Pb в изучаемых почвах близок к кларку почв и превышает кларк литосферы. Данные показывают, что максимальное валовое содержание Pb отмечается в верхних горизонтах черноземов за счет взаимодействия элемента с молекулами гуминовых кислот с образованием прочных хелатных соединений. Причем, за счет более интенсивного гумусонакопления в черноземах лесополосы отмечается более высокое валовое содержание металла ($22,8 \pm 3,04$ мг/кг) чем в почвах пашни ($20,3 \pm 2,09$ мг/кг). Вниз по профилю происходит постепенное уменьшение содержания металла до глубины 60–70 см. Далее к почвообразующей породе вновь наблюдается накопление валового содержания Pb в результате взаимодействия с металлом с илистой и коллоидной фракцией. Валовое содержание Pb в изучаемых почвах не превышает ПДК = 30 мг/кг [8]. Наибольшее количество обменных соединений Pb в слое 0–10 см отмечается на пашне ($1,38 \pm 0,19$ мг/кг), возможно, это связано с внесением элемента в качестве примеси в составе удобрений, а также с обработкой пахотных почв сельхозтехникой. В черноземах лесополосы обменные соединения металла не превышают 1,16 мг/кг. Отмечается элювиальный тип профильного распределения подвижных соединений Pb с постепенным увеличением вниз к почвообразующей породе. Большинство соединений Pb малоподвижно, как и многие ТМ он прочно сорбируется почвами [8]. Согласно полученным данным процент подвижности элемента не превышает 6,9%.

Кларк Cd в литосфере равен 0,1 мг/кг, кларк в почве – 0,3–0,5 мг/кг [7]. Уровень содержания Cd в изучаемых почвах близок к кларку почв и выше кларка литосферы. По сравнению с Pb кадмий имеет меньшее сродство к органическому веществу почв. Отмечается слабая зависимость от режима увлажнения почв, окислительно-восстановительных условий, соединений Fe, Mn [8]. Благодаря этому валовое содержание Cd относительно равномерно распределяется по профилю исследуемых почв ($0,31 \pm 0,05$ мг/кг), лишь с незначительным увеличением к почвообразующей породе $0,40 \pm 0,03$ мг/кг. Как и все металлы, Cd прочно сорбируется илистой и коллоидной фракцией почв. Поскольку почвообразующая порода обогащена илистой фракцией, то в ней отмечается накопление металла. Результаты корреляционного анализа не выявили корреляционной связи профильного распределения валового содержания Cd, гумуса и pH ($r = 0,11$ и $r = 0,15$ соответственно). Валовое содержание Cd в исследуемых почвах не превышает ПДК = 1 мг/кг [8]. Количество обменных соединений Cd в исследуемых почвах изменяется в пределах от 0,014 до 0,061 мг/кг. Обменные соединения также как и валовое содержание относительно равномерно распределяются в профиле исследуемых почв. Данные

корреляционного анализа также подтвердили отсутствие взаимосвязи. Коэффициент корреляции с гумусом равен 0,25, с рН = 0,37. Обменные соединения Cd более подвижны, чем соединения Pb. Их процент подвижности достигает $15,2 \pm 1,31\%$. Данное явление объясняется меньшим сродством металла к органическому веществу, а также гораздо большей растворимостью данных соединений [8].

В целом, распределение валового содержания Pb в профиле исследуемых почв характеризуются однотипностью с двумя максимумами накопления – верхним и нижним в почвообразующей породе. В черноземах лесополосы отмечается более глубокое профильное выщелачивание металла. Обменные соединения Pb характеризуются элювиальным типом профильного распределения. Профильное распределение валового содержания и обменных соединений Cd более равномерно. Полученные коэффициенты корреляции свидетельствуют о тесной взаимосвязи между профильным распределением гумуса, рН, валовым содержанием и подвижными соединениями Pb. Корреляционной зависимости между почвенными свойствами и распределением Cd не обнаружено. Черноземы Каменной степи, расположенные под пашней и лесополосой, достоверно отличаются друг от друга по морфологическим признакам, содержанию гумуса, рН, а также по валовому содержанию и подвижности соединений Pb и Cd. Статистический анализ полученных данных по определению пространственных различий между пашней и лесополосой по содержанию гумуса и рН среды показал закономерное уменьшение коэффициента вариации от лесополосы к пашне. Такое явление объясняется тем, что в результате распашки происходит выравнивание пространственных различий данных почвенных свойств. Содержание валовых и подвижных форм изучаемых ТМ в исследуемых черноземах обыкновенных Каменной степи не превышает ПДК. Следует отметить, что количество доступных для растений Pb и Cd значительно выше, чем переходящих в вытяжку ацетатно-аммонийного буфера. Cd очень часто является сопутствующим элементом органических и минеральных удобрений, входит в их состав в качестве примеси. Но вынесенное растениями и мигрирующее по профилю количество металла превышает внесенное. Создается так называемый отрицательный баланс Cd [9], поэтому загрязнения данным элементом почвенного покрова не происходит.

Библиографический список

1. Чертов О. Г., Надпорожская М. А. Формы гумуса лесных почв: концепции и классификация // Почвоведение. № 10. 2018. С. 1202–1214. doi: 10.1134/S1064229318100022
2. Olson K. R., Gennadiev A. N. Dynamics of soil organic carbon storage and erosion due to land use change (Illinois, USA) // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. No. 4. P. 436–445. doi: 10.1134/S1064229320040122
3. Завьялова Н. Е. Гумус и азот дерново-подзолистой почвы различных сельскохозяйственных угодий Пермского края // Почвоведение. 2016. № 11. С. 1347–1354. doi: 10.1134/S1064229316110119
4. Кирюшин В. И. Экологические функции ландшафта // Почвоведение. 2018. № 1. С. 17–25. doi: 10.1134/S106422931801009X

5. Щеглов Д. И., Громовик А. И., Горбунова Н. С. Основы химического анализа почв. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019. 332 с.
6. Оценка экотоксичности почв в условиях загрязнения тяжелыми металлами / И. О. Плеханова, О. А. Золотарева, И. Д. Тарасенко, А. С. Яковлев // Почвоведение. 2019. № 10. С. 1243–1258. doi: 10.1134/S1064229319100089
7. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. Boca Raton, Fl : Crc Press, 2010. 548 p.
8. Чернова О. В., Безуглова О. С. Опыт использования данных фоновых концентраций тяжелых металлов при региональном мониторинге загрязнения почв // Почвоведение. 2019. № 8. С. 1015–1026. doi: 10.1134/S1064229319080040
9. Лукин С. В., Селюкова С. В. Экологическая оценка содержания кадмия в почвах и сельскохозяйственных растениях юго-западной части Центрально-Черноземных областей России // Почвоведение. 2018. № 10S. С. 3–9. doi: 10.1134/S1064229318120074

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ НА ЕЕ СПОСОБНОСТЬ К ПОГЛОЩЕНИЮ ИОНОВ МЕДИ

А. Д. Иовчева

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
y_nastia@mail.ru;*

Установлено, что при увеличении доли песка постепенно уменьшаются значения максимальной адсорбции и константы сродства. Однако образцы сохраняют выраженную поглотительную способность по отношению к ионам меди вплоть до увеличения массовой доли песка на более чем 75%, что объясняется зависимостью сорбции от ЕКО почвы, содержания органического вещества и карбонатов, а не только от гранулометрического состава.

Ключевые слова: сорбция меди, гранулометрический состав, серая лесная почва.

Представления о влиянии гранулометрического состава почвы, а также таких ее свойств, как рН, содержание органического вещества, карбонатов, и др. на способность сорбировать тяжелые металлы (ТМ) существуют уже более полувека [1, 2]. Однако экспериментальных работ по данной теме немного. Особенно редко встречаются исследования, моделирующие влияние одного или двух факторов изолированно от других [3–6]. Между тем достоверная оценка влияния свойств почвы на ее способность сорбировать ТМ позволяет оценивать прочность их связи с сорбентом и прогнозировать риски миграции из почв в другие компоненты ландшафта. Согласно исследованиям последних лет, высокая способность суглинистых почв удерживать ТМ определяется не только гранулометрическим составом, но и другими их свойствами, ввиду вариативности механизмов закрепления ионов металлов на обменных центрах.

Цель исследования — оценить опытным путем влияние на сорбцию меди изменения количественных характеристик серой лесной почвы, прежде всего содержания песка.

В работе использовались образцы почвы (горизонт АУ), сформировавшейся на территории опытно-полевой станции ИФХиБПП РАН. Данная почва диагностирована как серая (лесная) среднесуглинистая. Она имеет реакцию, близкую к нейтральной (рН 5,7), содержит 1,2% органического вещества ($C_{\text{орг}}$) и 0,3% CaCO_3 . Содержание физической глины в почве составляет 35,1 %. Невысокая гумусированность почвы (2,1% в АУ) может быть связана с ее окультуриванием (распашка, отторжение фитомассы).

Изучение влияния гранулометрического состава на сорбцию Cu^{2+} проводили на почвенно-песчаных субстратах в статических условиях. Изменение гранулометрического состава серой почвы производили путем смешивания почвы и песка в разных пропорциях: почва : песок — 3 : 1 (25% песка), 1 : 1 (50% песка), 1 : 3 (75% песка). В опытах использовали фракцию речного песка <1 мм отмытую от примесей 10% HCl , затем дистиллированной водой до полного удаления реакции на Cl^- .

Одинаковые навески серой лесной почвы и почвенно-песчаных субстратов заливали растворами ацетата меди с концентрацией от 2 до 200 мг/л при соотношении почва : раствор — 1 : 10. Суспензии встряхивали в течение 4 часов, после чего выдерживали в состоянии покоя в течение 20 часов для достижения равновесия в системе. Затем центрифугировали и фильтровали через мембранный фильтр с диаметром пор 45 мкм. Определение содержания меди в фильтрате проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «AAnalyst 400» фирмы PerkinElmer (США) в ЦКП ПНЦБИ РАН. Количество поглощенных катионов меди рассчитывали по разности между ее содержанием в исходном и в равновесном растворах. В исходных и в равновесных растворах ацетата меди также были определены значения рН.

С помощью 2-х параметрического (1) и 4-х параметрического (2) уравнений Лэнгмюра:

$$y = \frac{K \cdot C \cdot x}{1 + K \cdot x} \quad (1)$$

$$y = \frac{K_1 \cdot C_1 \cdot x}{1 + K_1 \cdot x} + \frac{K_2 \cdot C_2 \cdot x}{1 + K_2 \cdot x} \quad (2)$$

где y — количество поглощенного катиона ммоль/кг, а x — концентрация катиона в равновесном растворе, были вычислены основные параметры сорбции, а именно C (или C_{max}) — максимальная адсорбция ммоль/кг и K — константа сродства л/ммоль. Аппроксимация полученных данных 2-х параметрическим уравнением показала более достоверный результат, чем 4-х параметрическим. В последнем случае ошибка превышала среднее значение величин (табл. 1).

Таблица 1

Изменение сорбционных характеристик почвы при увеличении доли песка

Почва или субстрат	2-х параметрическая аппроксимация		4-х параметрическая аппроксимация			
	C_{max} (ммоль/кг)	K (л/ммоль)	C_1 (ммоль/кг)	K_1 (л/ммоль)	C_2 (ммоль/кг)	K_2 (л/ммоль)
Серая	36,4±2,2	14,3±2,1	не аппроксимируется			
25% песка	33,4±2,0	9,1±1,5	не аппроксимируется			
50% песка	24,0±1,4	10,6±2,1	20,3±5,1	1,4±1,5	12,0±3,62	37,4±14,5
75% песка	17,7±1,3	6,0±1,7	16,6±1,3	1,7±0,7	4,9±1,5	76,9±40,6

Примечание: **полужирным** выделены значимые значения C_{max} и K . Курсивом выделены недостоверные значения.

По полученным данным были построены изотермы, которые отображают следующую закономерность. Достижение предела насыщения обменника в почвенно-песчаных субстратах происходит при меньших концентрациях вносимой меди, чем у исходной суглинистой почвы (рис.).

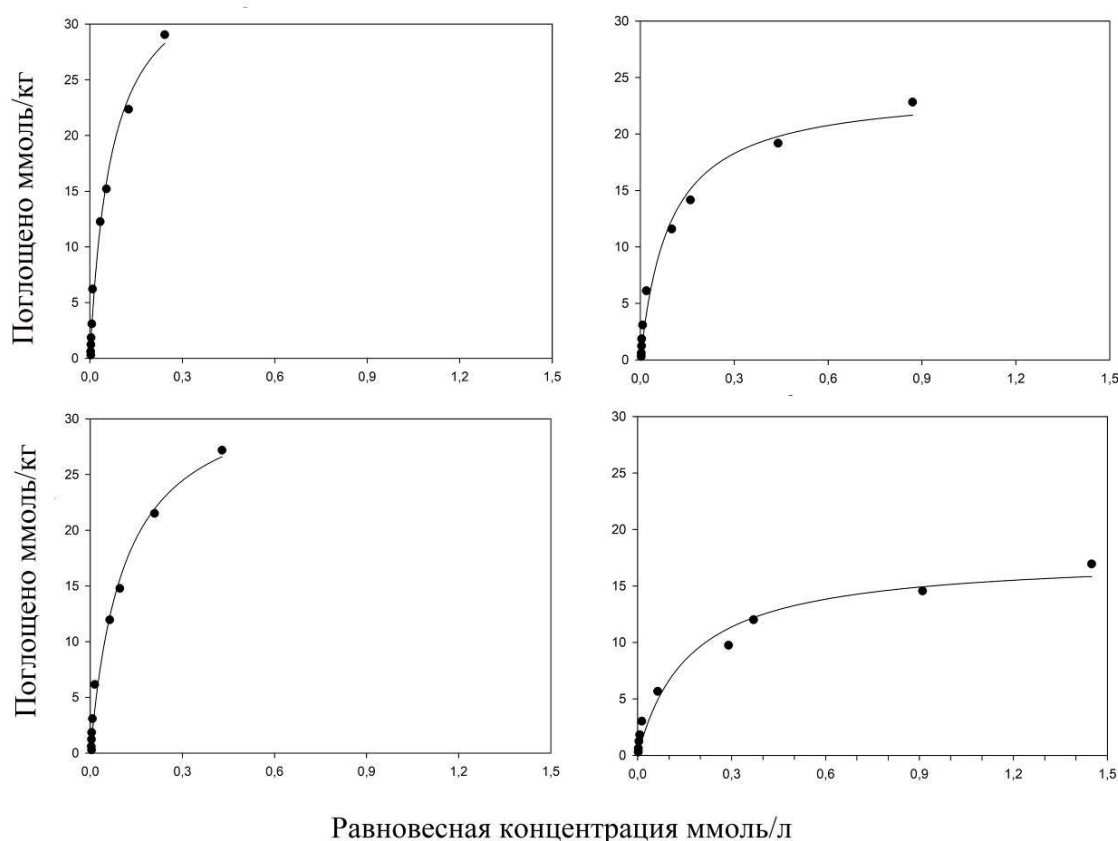


Рис. Адсорбция меди почвами и почво-песчаными субстратами

Также в результате сорбционного эксперимента было показано, что поглощательная способность серой лесной почвы уменьшается при увеличении доли песка в ее составе. Так, согласно расчетам (табл. 1), постепенно уменьшается значение максимальной адсорбции (C_{max}), которая представляет собой экстенсивную (количественную) характеристику сорбции. В результате сорб-

ционного эксперимента было подтверждено, что поглотительная способность серой лесной почвы уменьшается при увеличении доли песка в ее составе. Так, согласно расчетам (табл. 1), постепенно уменьшается значение максимальной адсорбции (C_{max}), которая представляет собой количественную характеристику сорбции. Однако субстраты сохраняют буферную способность по отношению к ионам меди вплоть до увеличения массовой доли песка на более чем 50%. C_{max} падает в 1,5 раза при увеличении доли песка на 50% и в 2 раза при увеличении на 75% по сравнению с исходным в серой почве. Постепенное снижение значения C_{max} (ммоль/кг) может быть обусловлено сохранением сорбционной способности органического вещества, а также присутствием карбонатов, несмотря на относительное уменьшение содержания данных компонентов при увеличении доли песка в почвах.

Значение параметра K , который является характеристикой селективности сорбции, уменьшается более резко (в 1,6 раза при увеличении доли песка всего на 25%, в 2,4 раза — при увеличении на 75%). Снижение селективности может быть связано с конкуренцией катионов H^+ и Cu^{2+} за сорбционные позиции в результате добавления в систему отмытого песка (который вызвал увеличение кислотности раствора, или, иными словами, увеличение активности ионов водорода). В пользу подобного механизма может свидетельствовать определение динамики рН растворов в процессе эксперимента.

По результатам измерений в исходных растворах значение рН возрастало от 5,4 (при 2 мг/л) до 6,5 (при 200 мг/л). В равновесных растворах падало от 5,7-6,4 до 4,9-5,0 при увеличении вносимой дозы меди. При этом отмечалось, что рН сильно опесчаненных субстратов (с содержанием песка $\geq 50\%$), при концентрации Cu^{2+} 2 мг/л был ниже, чем у исходной почвы, что косвенно подтверждает подкисление системы при внесении в нее отмытого песка.

Между тем при увеличении вносимой дозы меди выше 80 мг/л наблюдалось прекращение падения рН у почвенно-песчаных субстратов и замедление падения рН исходной почвы. Выплаживание значений рН фильтратов при концентрации меди > 80 мг/л, полученных из сильно опесчаненных субстратов, по сравнению с суглинистыми образцами также указывает на снижение поглотительной способности субстратов по отношению к исходной почве, так как свидетельствует об уменьшении количества вытесненных с сорбционных позиций ионов водорода. Подкисление равновесных растворов при сорбции ТМ связано с процессами обмена ионов водорода на ионы металлов. Особенно это характерно для функциональных групп органического вещества почв.

Обнаружена прямая корреляционная связь между максимальной адсорбцией и такими свойствами почв, как ЕКО, содержание илистой фракции, обменных катионов, физической глины и карбонатов (Таблица 2). Также наблюдается прямая связь между ЕКО и значимыми свойствами почв (содержание $C_{орг}$, карбонатов и ила).

Выявленные эмпирическим путем тенденции и связи позволяют утверждать, что поглотительная способность серой лесной почвы зависит не толь-

ко от ее гранулометрического состава, но также от содержания карбонатов, емкости и состава обменного комплекса. Ограниченность выборки не позволяет говорить о прямой связи между органическим веществом и $C_{\max}$. Однако обнаруженные достоверные связи между ЕКО и $C_{\text{орг}}$, наряду с теоретическими представлениями о роли органического вещества в способности почвы сорбировать Cu [1, 2, 7], указывают на положительное влияние содержания органического вещества исследуемой почвы, в составе которого, по-видимому, значительную роль играют гуматы кальция, на ее поглотительную способность.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между параметрами сорбции и свойствами почв

Параметры почвы	$C_{\max}$	K	ЕКО
ЕКО	0,96	0,93	1,00
$C_{\text{орг}}$	0,95	0,93	1,00
Ил	0,98	0,89	1,00
Физическая глина	0,98	0,88	0,99
Ca	0,97	0,89	0,99
Mg	0,96	0,89	0,99
CO_3	0,98	0,87	0,99

Примечание: **полужирным** выделены коэффициенты корреляции значимые при $P = 0,95$.

Таким образом, при увеличении доли песка, (следовательно, уменьшении содержания физической глины и ила) ухудшаются сорбционные свойства исследуемой серой почвы. Однако резкого падения поглощающей способности не наблюдается. Это связано с тем, что исследуемая серая почва обладает некоторой устойчивостью по отношению к загрязнению, которая обусловлена не только наличием тонких частиц, но также содержанием органического вещества и его составом.

Библиографический список

1. Путилина В. С., Галицкая И. В., Юганова Т. И. Адсорбция тяжелых металлов почвами и горными породами. Характеристики сорбента, условия, параметры и механизмы адсорбции. аналит. обзор. Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2009. 155 с. (Сер. Экология. Вып. 90).
2. Пинский Д. Л. Ионообменные процессы в почвах. Пушино, 1997. 166 с.
3. Прохоров В. М., Громова Е. А. Влияние pH и концентрации солей на сорбцию Zn почвами // Почвоведение. 1971. № 11. С. 75–82.
4. Salinity increases mobility of heavy metals in soils / J. A. Acosta, B. Jansen, K. Kalbitz, A. Faz, S. Martínez-Martínez // Chemosphere. Vol. 85. Issue 8. 2011. P. 1318–1324.
5. Zinc sorption by different soils as affected by selective removal of carbonates and hydrous oxides / V. Antoniadis, S. M. Shaheen, C. D. Tsadilas, M. H. Selime, J. Rinklebe // Applied Geochemistry. 2018. № 88. P 49–58.
6. Hinz C., Selim H. Kinetics of Zn sorption-desorption using a thin disk flow method // Soil Science. 1999. Vol. 164. Issue 2. P. 92–100.

7. Формы нахождения металлов в природных водах и их комплексообразование с гумусовым веществом / Т. И. Моисеенко, М. И. Дину, Н. А. Гашкина, Т. А. Кремлева // Доклады академии наук. 2012. Т. 441. № 5. С. 691–695.

ПОДВИЖНОСТЬ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА В ПОЧВЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМЫ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МИКРОУДОБРЕНИЙ

Е. Е. Помелова, Е. В. Товстик

Вятский государственный университет, tovstik2006@inbox.ru

В статье представлены результаты лабораторного опыта по оценке влияния форм железосодержащих микроудобрений на подвижность и распределение ионов железа(II) в толще почвы, помещенной в колонку. Выявлено, что при использовании $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ подвижные соединения железа постепенно вымываются в нижележащие слои почвы, в случае применения хелатов железа, независимо от хелатирующего агента (ЭДТА и ДТПА), закрепляются в верхнем слое почвы.

Ключевые слова: железо, подвижные соединения, почва, хелат, ЭДТА, ДТПА, сульфат железа.

Известно, что удобрения являются основным средством компенсации отчуждения элементов питания с урожаем. Их применение позволяет не только восполнить запас питательных веществ в почве, но и обогатить растениеводческую продукцию микроэлементами, улучшить фитосанитарное состояние посевов [1–3].

Обеспеченность почвы железом определяет многие жизненно важные процессы у растений, включая синтез ДНК, дыхание и фотосинтез [4]. Основным источником железа для растений являются его водорастворимые неорганические соли и хелаты. Преимущество последних неоднократно доказано на растениях в лабораторных и полевых опытах. На примере представителей рода *Syringa* L. продемонстрировано улучшение корнеобразования при введении хелатов железа в состав питательной среды для выращивания [5]. При внекорневой обработке пшеницы хелатами различных микроэлементов, в том числе железа, установлена активация антиоксидантных ферментов, снижение активности перекисного окисления липидов [6].

Установлено, что внесение хелатных форм микроэлементов в почву способствует переводу недоступных для растений форм микроэлементов в доступные [7]. При этом существуют опасения, связанные с повышением ионной токсичности металлов в почве и их подвижности [4].

Цель работы – оценка влияния форм железосодержащих микроудобрений на подвижность и распределение ионов железа(II) в толще почвы, помещенной в колонку.

В качестве удобрений использовали хелаты (ДТПА, ЭДТА) железа и его водорастворимую неорганическую соль. Хелатирующий агент ДТПА – диэтилентриаминпентауксусная кислота (ДТПА-Fe). Производитель удобрения ОАО «Буйский химический завод», г. Буй. Содержание Fe в удобрении составляет 11%. Хелатирующий агент ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА-Fe). Производитель ОАО «БиоМастер», г. Новосибирск. Содержание Fe в удобрении составляет 13%. Кристаллогидрат сульфата железа(II) ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) использовали в качестве сравнения для хелатов.

Опыт проводили в дренажных колонках, которые изготавливали самостоятельно из пластиковых бутылок объемом $1,5 \text{ дм}^3$. На дно колонок помещали дренаж в виде полиэтиленовых гранул диаметром 4 мм, слив изолировали двойным слоем нетканого материала. В колонки вносили почву массой 1 кг (слой толщиной 10 см). Над почвой в колонке оставляли запас свободного пространства для полива. В каждую колонку на основе расчетных значений величины полной влагоемкости почвы (70,4%) и оптимальной влажности (50%) вносили дистиллированную воду и железосодержащие удобрения путем разбрызгивания их растворов. Доза вносимого железа в почву составляла $6,04 \text{ г/м}^2$, что соответствовало 0,43; 0,36 и 0,05 г/кг ДТПА-Fe, ЭДТА-Fe и сульфата железа. Контролем служила почва без внесения удобрения.

В течение 10 суток с интервалом 1 сутки осуществляли пролив почвы в колонках дистиллированной водой в объеме 200 мл. По окончании эксперимента разделяли почвенный столб в колонках на 3 части послойно (верхний 0–3 см, средний 3–7 см, нижний 7–10 см). Почву сушили на воздухе, затем измельчали, пропускали через сито с диаметром отверстий 1 мм.

В пробах почвы определяли содержание подвижных соединений железа методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «Спектр-5-4». Предварительная подготовка проб для исследования заключалась в обработке почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором (pH 4,8) [8].

Содержание подвижных форм железа в почве при использовании его хелатов было выше, чем при использовании неорганической соли. Характер распределения подвижных соединений железа в толще почвы был однотипен для хелатов и отличался от сульфата железа (рис.)

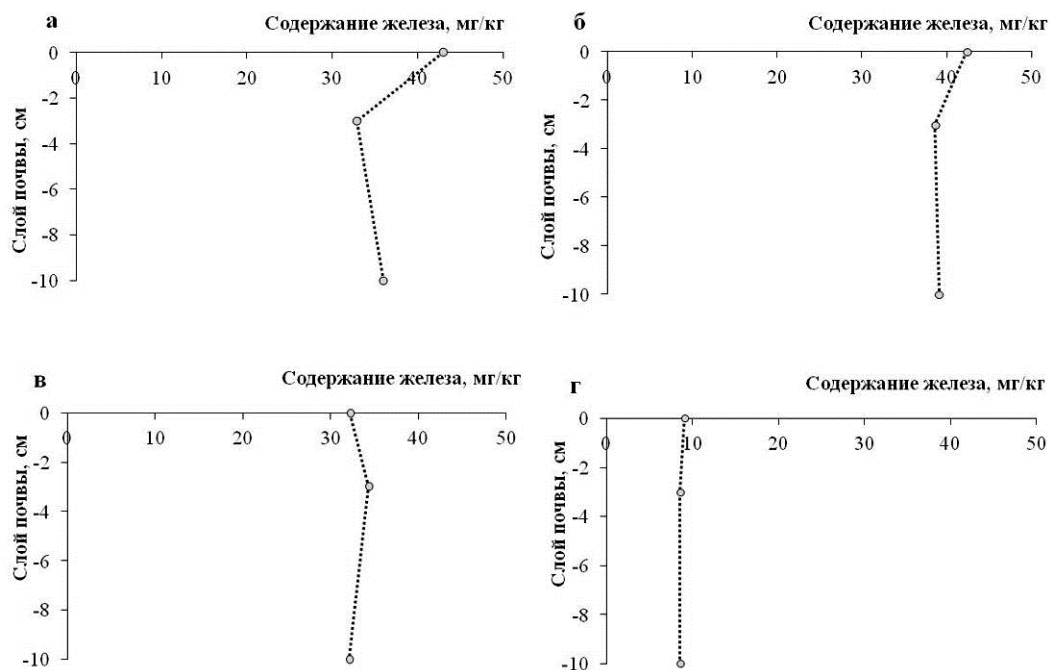


Рис. Содержание подвижных соединений железа в толще почвы при внесении ДТПА-Fe (а), ЭДТА-Fe (б), FeSO₄·7H₂O (в) и контрольной колонке (г)

При внесении сульфата железа наибольшую долю подвижных соединений железа фиксировали в среднем слое почвы; при внесении хелатов, независимо от хелатирующего агента (ЭДТА и ДТПА) – в верхнем слое почвы. Выявленный характер поведения железа в почве позволил заключить, что железо в хелатах по сравнению с его неорганической формой менее подвержено вымыванию из почвы.

Библиографический список

1. Iron Ferti-fortification in grain *Amaranthus* (*Amaranthus hypochondriacus* L.) / D. Chaudhari, P. Mehta, N. Chaudhary, M. Yadav // The Pharma Innovation Journal. 2021. V. 10 (3). P. 635–638.
2. Красильников В. В., Ложкин М. А., Коробейникова О. В. Влияние хелатных микроудобрений на фитосанитарное состояние, урожайность и качество зерна яровой пшеницы Йолдыз // Научные инновации в развитии отраслей АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск : ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. Т. 1. С. 45–49.
3. Оценка биодоступности хелатного цинка в различных типах почвы / А. В. Сазанов, Е. В. Товстик, В. А. Козвонин, А. А. Казакова // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 1. С. 181–187. doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-181-187
4. Васильевич И. В. Роль железа в биохимии растений // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2019. № 3. С. 149–159.
5. Королева О. В., Егорова Д. А., Молканова О. И. Влияние источника железа в составе питательной среды на морфогенетический потенциал и укореняемость представителей рода *Syringa* L. // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 59. С. 33–38. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-59-33-38>
6. Pakhomova V. M., Daminova A. I. Chelated micronutrient fertilizers as effective anti-oxidants applied for foliar plant treatment // BIO Web Conf. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019). 2020. No. 4. Art. 00057. Vol. 17. doi: 10.1051/bioconf/20201700057

7. Основы создания средств комплексного управления развитием растений, обеспечивающих повышение производительности сельскохозяйственных культур / Д. А. Макаренков, А. Н. Глушко, Ю. А. Убаськина, Д. С. Поплевин // Спецвыпуск «Фотон-экспресс наука 2019». 2019. № 6. С. 68–69. doi: 10.24411/2308-6920-2019-16030

8. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (2-е издание, переработанное и дополненное). М. : ЦИ-НАО, 1992. 61 с.

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ДИНАМИКУ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПРОЦЕССЕ РАЗЛОЖЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

А. Н. Мальцева, Д. Л. Пинский

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
ansmalc@mail.ru*

Проведена серия инкубационных экспериментов по биодegradации фитомассы кукурузы и клевера в присутствии минералов различного состава при постоянных температуре и влажности. Показана абиотическая роль минеральной среды в динамике углерода и азота, в формировании пула растворенного органического вещества почв при трансформации растительных остатков различного биохимического качества.

Ключевые слова: почвенное органическое вещество, растительные остатки, глинистые минералы.

В настоящее время остро стоит проблема сокращения эмиссии парниковых газов в атмосферу с одновременным обеспечением продовольственной безопасности. Отчуждение значительной части продукции агроценозов приводит к ежегодным потерям органического углерода (C_{org}) и других биофильных элементов, что сопровождается снижением плодородия почв. Растительные остатки (РО) являются основным возобновляемым источником почвенного органического вещества (ОВ). В рамках эколого-биосферного развития земледелия комплекс агробιοтехнологий должен быть направлен на секвестрацию углерода посредством заделки растительной биомассы в почву. Сохранение и восстановление запасов ОВ в сельскохозяйственных землях будет препятствовать росту концентрации углекислого газа [1].

Естественное плодородие почв определяется характером трансформационных процессов ОВ, на направленность которых в значительной степени влияет минеральная среда. Несмотря на многочисленные исследования разложения РО в почвах, роль минералогического фактора в этих процессах изучена недостаточно. Важнейшей функцией почвенных минеральных компонентов является стабилизация ОВ в форме органо-минеральных соединений, которые более устойчивы к воздействию различных факторов среды и поэтому сохраняются в почве в течение длительного времени. Целью данной рабо-

ты является исследование закономерностей трансформации растительных остатков сельскохозяйственных культур в присутствии минеральных фаз различного состава.

Для изучения влияния почвенных минеральных компонентов на закономерности трансформации органических остатков растительного происхождения проведен модельный эксперимент в лабораторных условиях. Поскольку на разложение органических остатков влияют многие факторы, одним из которых является качество РО, для эксперимента были выбраны культуры разного биохимического состава. В опыте использовалась надземная биомасса кукурузы (*Zéa máys*) и клевера лугового (*Trifolium praténse*). В ходе эксперимента были подготовлены искусственные системы, представляющие собой смеси твердой фазы с измельченными листьями и стеблями (соотношение 1:10). В качестве минерального наполнителя использовались кварцевый песок, покровный бескарбонатный суглинок и смеси кварцевого песка с глинистыми минералами – каолиновой или бентонитовой глиной. Инкубация субстратов проводилась при постоянных температуре и влажности в аэробных условиях (6–19 месяцев).

Традиционно оценка скорости разложения растительного опада проводится на основе его биохимического состава и климатических переменных. Тем не менее, происходит смена парадигмы избирательного сохранения трудноразлагаемых растительных компонентов. В настоящее время предполагается, что стойкость ОВ обусловлена свойствами экосистемы, в частности, такими как стабилизация ОВ посредством сорбции на минеральных поверхностях [2]. В эксперименте исследована динамика минерализационных потерь при трансформации РО в зависимости от состава минеральной среды. Кинетика минерализации остатков в минеральных субстратах различного состава удовлетворительно описана двухчленным экспоненциальным уравнением. По рассчитанным параметрам уравнения установлено, что интенсивность минерализации ОВ выше в каолините, как при разложении РО клевера, так и при трансформации кукурузы, по сравнению с бентонитом. Влияние минералогии отчетливо проявляется на величине константы разложения стабильного пула. Наибольшая скорость разложения стабильного пула, формирующегося при трансформации остатков кукурузы и клевера, характерна для системы содержащей каолинит. Процесс разложения органических компонентов замедляется при контакте с минералами суглинка по сравнению с другими вариантами.

Органическое вещество растительных остатков в почве представлено двумя формами: дискретными твердыми частицами ОВ и растворенным ОВ (РОВ) в жидкой фазе. Растворение ОВ – обязательная стадия трансформации растительной биомассы в почве. РОВ представляет собой переходное звено из лабильного пула ОВ в стабильный пул, в составе орано-минеральных соединений. В работе оценено влияние минеральной среды на формирование пула водорастворимого ОВ (ВОВ), образующегося при разложении растительных остатков контрастных по биохимическому составу. Трансформация

РО в минеральной массе разного состава характеризуется различной динамикой $C_{\text{ВОВ}}$ (рис.). Минеральные компоненты субстратов оказывают существенное влияние на содержание растворенного в воде $C_{\text{орг}}$. В вариантах опыта с РО клевера максимальное количество $C_{\text{ВОВ}}$ извлекается из каолинитового субстрата, а минимальное – из суглинистого субстрата. При трансформации РО кукурузы в вариантах с глинистыми минералами наибольшей концентрацией $C_{\text{ВОВ}}$ характеризуется бентонитовый субстрат. В контакте РО с суглинком образуется наименьшее количество растворимых в воде продуктов трансформации РО ($C_{\text{ВОВ}}$ 0,02–0,18%).

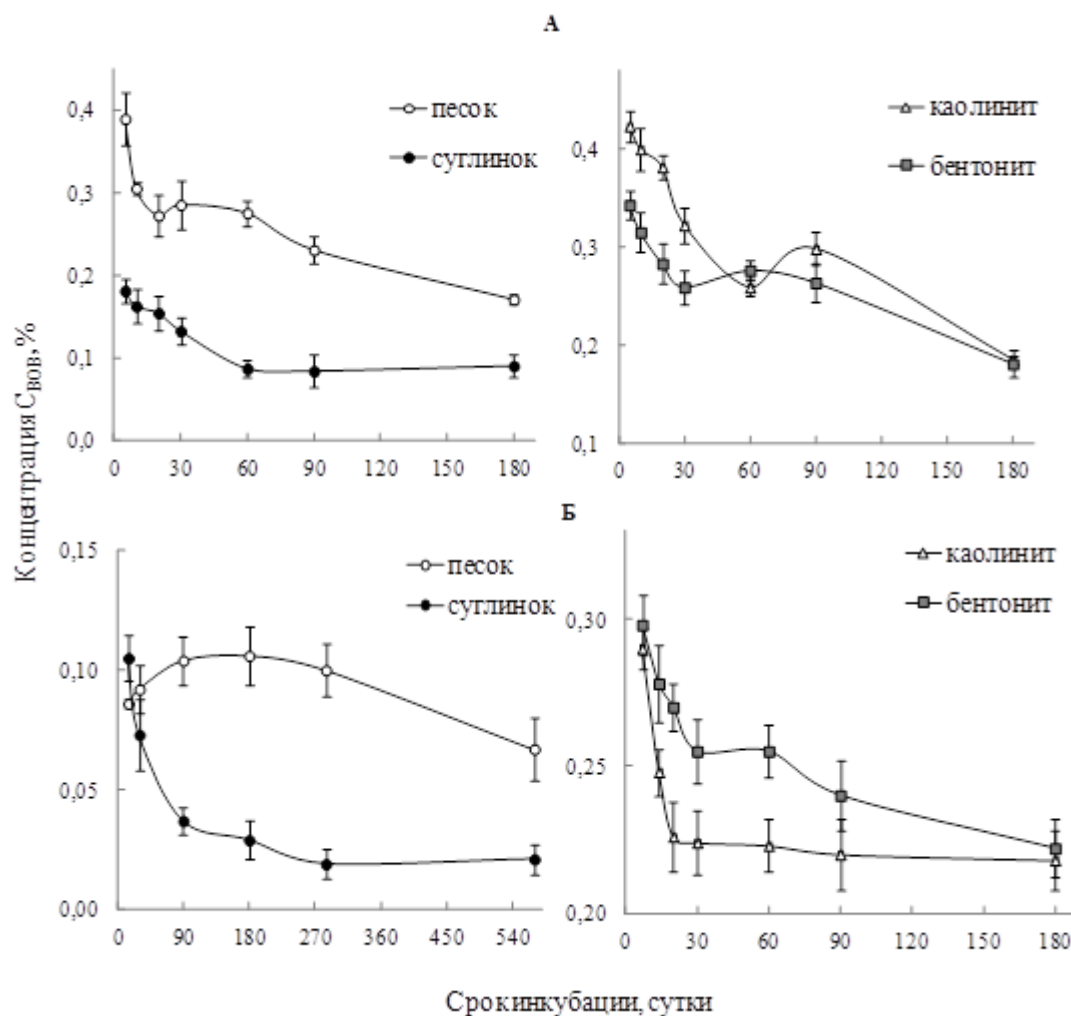


Рис. Динамика содержания водорастворимого ОВ (ВОВ) в процессе трансформации РО клевера (А) и кукурузы (Б) в различных минеральных средах

Выявлено, что состав минеральной среды влияет на размер пула ВОВ. Наименьшее количество на долю $C_{\text{ВОВ}}$ приходится в суглинистых субстратах и составляет 1–3% в варианте с РО кукурузы, 4–8% – с остатками клевера. В вариантах с добавлением глин в бентонитовых субстратах пул ВОВ меньше по сравнению с каолинистыми субстратами. Показано, что размер и динамика пула ВОВ зависит от минеральных компонентов субстратов. Суглинок обладает наибольшей способностью к поглощению ВОВ.

С динамикой углерода непосредственно связаны трансформационные превращения азота. Несмотря на то, что динамика азота определяется в первую очередь биохимическим качеством растительного материала, в ходе эксперимента выявлены некоторые закономерности этого процесса в зависимости от состава минералов. В вариантах с каолинитом и бентонитом динамика общего N носит близкий характер для одного и того же вида РО. В вариантах с бентонитом с суглинком концентрация N выше по сравнению с каолинитом и песком, как при разложении остатков кукурузы, так и клевера на протяжении всего времени инкубации. Показатель C/N по мере трансформации ОВ менялся волнообразно и со временем имел тенденцию к уменьшению. Динамика показателя C/N, как и азота, при одном и том же биохимическом составе РО в присутствии различных твердых фаз имела сходный характер. К окончанию инкубационного процесса (180 суток) значения отношения C/N для кукурузы уменьшались в ряду: песок > суглинок > каолинит > бентонит; для клевера: каолинит > песок > бентонит > суглинок. Таким образом, доля азотсодержащих органических веществ в общем количестве ОВ в этом ряду увеличивается. В системах с бентонитом наблюдалась более высокая аккумуляция азота по сравнению с каолинитом, в обоих вариантах с различными РО на протяжении всего периода инкубации.

Таким образом, минеральный состав оказывает влияние на количественные характеристики трансформации углерода и азота. Результаты эксперимента показывают, что при прочих равных условиях в динамике азота немаловажную роль играет небиологическая фиксация азота минеральными матрицами. При разложении РО размер пула растворенного ОВ зависит от состава минеральной среды. Влияние типа минеральной среды обусловлено различными механизмами стабилизации углерода и азота.

Библиографический список

1. Семенов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. М. : ГЕОС, 2015. 233 с.
2. Lehmann J., Kleber M. The contentious nature of soil organic matter // Nature. 2015. Vol. 528. P. 60–68.

ВЛИЯНИЕ ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПОЧВ ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

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

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

Изучалось влияния ландшафтных условий на формирование микробных сообществ почв постагрогенных экосистем. Показано, что по сравнению с почвами водораздела и надпойменной террасы в пойменной постагрогенной почве сложились наиболее благоприятные условия для роста и развития мик-

роорганизмов. Основные отличия в микробных показателях постагрогенных тундровых почв выявлены в органогенных и гумусовоаккумулятивных горизонтах, в которых сосредоточена основная масса микроорганизмов и большая часть функционально активных клеток бактерий.

Ключевые слова: постагрогенные почвы, южная кустарниковая тундра, микробная биомасса.

В середине прошлого столетия в Воркутинском районе Республики Коми в подзоне южных кустарниковых тундр началось сельскохозяйственное освоение территорий вблизи промышленного центра – города Воркуты для формирования кормой базы животноводческого комплекса местных совхозов. После экономического кризиса в конце 90-х годов сеяные луга забросили, и они перешли на стадию постагрогенной трансформации [1]. Тундровые постагрогенные экосистемы представляют собой уникальные объекты для исследования функционирования не только экосистемы в целом, но и ее почвенного микробоценоза. Полученные данные дают возможность определить характер изменений, вызванных постагрогенной сукцессией в разных ландшафтных условиях в пределах одной природно-климатической зоны.

Для оценки влияния ландшафтных условий на формирование микробных сообществ почв постагрогенных экосистем нами исследованы постагрогенные экосистемы, занимающие разное положение в рельефе – от элювиального типа ландшафта (вершина водораздельного холма) к аккумулятивному (пойма р. Воркута). Исследуемые участки на плоской вершине водораздельного холма и на надпойменной террасе имеют одинаковую историю освоения. Данные экосистемы сформировались на месте многолетних сеяных лугов, используемых как сенокосные угодья в течение 35–40 лет. В основе технологии сельскохозяйственной обработки этих тундровых земель лежал метод «залужения» – создание сенокосных лугов путем посева местных многолетних видов трав (в основном мятлика лугового и лисохвоста лугового) [2]. Постагрогенная экосистема в пойме р. Воркута сформировалась на месте пашни, которая преобразовалась в многолетний злаковый луг. Таким образом, все три постагрогенные экосистемы на момент исследования представляли собой многолетние луговые фитоценозы, сформированные после прекращения агрорежима в течение 13–16 лет на изначально разных типах тундровых почв. На вершине водораздельного холма в сельскохозяйственное производство вовлечены глееземы криометаморфические, на надпойменной террасе – глееземы криотурбированные, на пойменной террасе – аллювиальные серогумусовые глееватые почвы.

Исследования растительного сообщества 13-летней залежи на вершине водораздельного холма показали активное внедрение в состав фитоценоза тундровых видов злаков и разнотравья, а также ив.

На надпойменной террасе и в пойме постагрогенные системы сохраняют целостность луговых сообществ. На момент исследования 16-летняя за-

лежь на надпойменной террасе в целом сохранила облик агроэкосистемы как лисохвостно-мятликовый луг. Активного внедрения в травостой тундровых кустарников не отмечено, ива филиколистная в составе луга встречается единично.

Растительное сообщество 13-летней залежи в пойме реки представляет собой злаковый луг с доминированием костра безостого без заметного внедрения тундровых видов. Этот участок характеризуется наиболее однородным составом растительного сообщества в этом ландшафтном ряду.

Постагрогенные почвы экосистем в ряду водораздел – надпойменная терраса – пойменная терраса сохранили химические и морфологические признаки, сформировавшиеся в период их активного сельскохозяйственного использования. Внесение минеральных удобрений в течение длительного времени определило высокое содержание биогенных элементов в органогенных и гумусовоаккумулятивных горизонтах почв исследуемых экосистем.

Численность прокариот, определенная методом люминесцентной микроскопии [3], в органогенных горизонтах исследуемых почв варьирует в пределах от $1,3 \times 10^9$ до $2,3 \times 10^9$ кл/г почвы. В гумусовоаккумулятивных горизонтах – от $0,2 \times 10^9$ до $0,8 \times 10^9$ кл/г почвы. В нижних минеральных слоях всех исследуемых почв прокариоты находятся на уровне не более $0,1 \times 10^9$ кл/г. Анализ данных численности живых и поврежденных (мертвых) клеток бактерий показал, что в органогенных горизонтах почв залежей сконцентрирована не только основная масса прокариот, но и наиболее функционально активная ее часть. Доля живых клеток в органогенных и гумусовоаккумулятивных горизонтах составляет 62–84% от общего числа бактерий. В минеральных горизонтах постагрогенных почв с общим снижением численности бактерий увеличивается доля мертвых, функционально неактивных клеток до 51%.

Профильное распределение грибов имеет те же закономерности, что и профильное распределение бактерий. Основная масса грибов сконцентрирована в органогенных горизонтах. Споры грибов обнаружены по всей толще исследуемых почв, тогда как гифы грибного мицелия обнаружены только в органогенных и гумусовоаккумулятивных горизонтах, в минеральной толще микроскопические грибы представлены только спорами. Численность спор и длина мицелия грибов в органогенных горизонтах в ряду постагрогенных почв увеличивается от $29,2\text{--}32,4 \times 10^6$ кл/г и $162,9\text{--}352,3$ м/г – на водоразделе и $26,4\text{--}29,0 \times 10^6$ кл/г и $350,9\text{--}490,2$ м/г – на надпойменной террасе до $43,8\text{--}60,5^6$ кл/г и $456\text{--}501,2$ м/г почвы соответственно – в пойме.

Относительно высокая численность спор грибов и длины грибного мицелия в пойменной почве свидетельствует о потенциальном пуле грибов в этой почве, который при формировании благоприятных условий для прорастания мицелия, возможно, обеспечит еще более высокие показатели численности и видового разнообразия грибов.

В микробной биомассе анализируемых почв доминировали микромицеты. Доля прокариотов имеет низкие значения – 1–2% от суммарной микробной биомассы. Доля мицелия в биомассе микроорганизмов в почве водораз-

дельного участка варьирует от 67 до 36%, уменьшаясь с глубиной. В постагрогенной почве на надпойменной террасе доля мицелия изменяется от 65 до 74%, а в пойменной почве от 42 до 51% в органогенных горизонтах. В минеральных горизонтах, где мицелий грибов не обнаружен, основными компонентами микробной биомассы являются споры грибов.

В распределении общих запасов микробной биомассы в постагрогенных тундровых почвах выявлен четкий тренд увеличения этого показателя от водораздела к пойме реки (рис.).

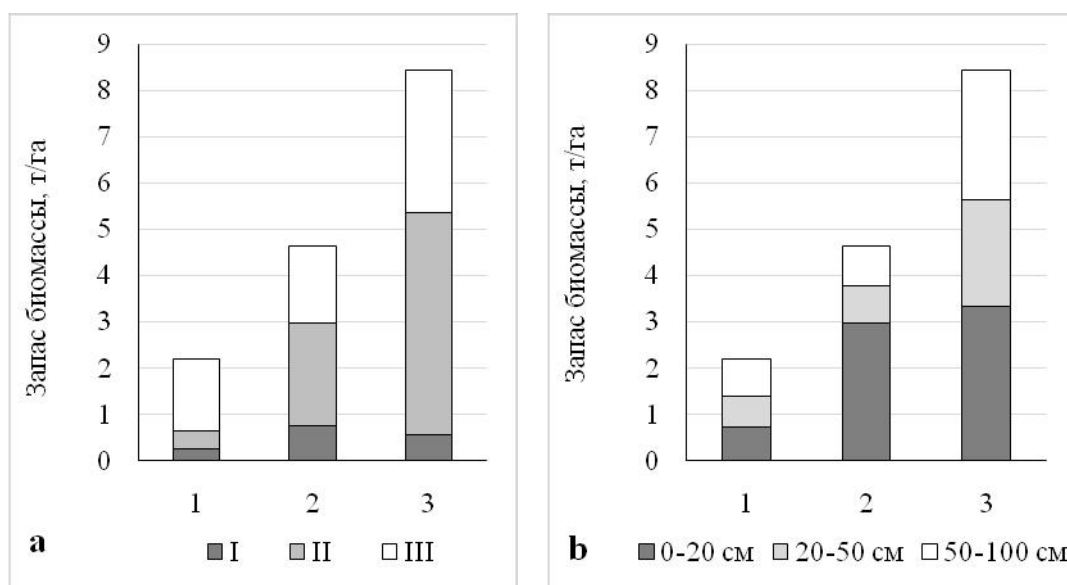


Рис. Распределение запасов микробной биомассы по профилю пойменных почв: 1 – почва 14-летней залежи; 2 – почва 16-летней залежи; 3 – почва 13-летней залежи; I – органогенный горизонт; II – гумусовоаккумулятивный горизонт; III – минеральный горизонт до глубины 100 см

Максимальными запасами микробной биомассы характеризуется постагрогенная пойменная почва 13-летней залежи – 8,44 т/га. Отмечено, что в исследуемом ряду постагрогенных почв с увеличением общих запасов микробной биомассы в пойменной почве увеличивается доля органогенного и гумусовоаккумулятивного горизонтов. В постагрогенной почве на вершине водораздела основные запасы микробной биомассы сосредоточены в минеральных горизонтах – 70,5%. В почвах надпойменной террасы и поймы основная доля в распределение запасов микроорганизмов принадлежит гумусовоаккумулятивным горизонтам почв – 47,6 и 56,9% соответственно. В почве 14-летней залежи на водоразделе этот показатель значительно ниже и составляет 17,7%.

В тундровых постагрогенных почвах выявлена аккумуляция большей доли запасов микробной биомассы в слое почвы до 50 см. В постагрогенных почвах надпойменной террасы и поймы выявлено увеличение доли запасов микробной биомассы в слое почвы до 20 см в отличие от почвы на вершине водораздела, что связано с высокими показателями микроорганизмов в этих горизонтах, в первую очередь, грибов.

Таким образом, основные отличия в микробных показателях постагрогенных тундровых почв выявлены в органогенных и гумусовоаккумулятивных горизонтах, в которых сосредоточена основная масса микроорганизмов и большая часть функционально активных клеток бактерий. Полученные результаты по численности и биомассе микроорганизмов показывают, что наиболее благоприятные условия для роста и развития микроорганизмов складываются в пойменной постагрогенной почве.

Библиографический список

1. Особенности природопользования и перспективы природовосстановления на крайнем севере России / Н. С. Котелина, И. Б. Арчегова, Г. Г. Романов, Л. П. Турубанова. Екатеринбург : УрО РАН, 1998. 148 с.
2. Хантимер И. С. Сельскохозяйственное освоение тундры. Л. : Наука, 1974. 227 с.
3. Распределение численности и биомассы микроорганизмов по профилям зональных типов почв / Л. М. Полянская, В. В. Гейдебрехт, А. Л. Степанов, Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. 1995. № 3. С. 322–328.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА НОРМАЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПШЕНИЦЫ И ГОРОХА ПОСЛЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ЛУГОВОЙ ПОЧВЕ

Э. Р. Зайнулгабидинов¹, Ю. А. Игнатьев¹, А. М. Петров¹,
А. А. Утомбаева¹, А. Э. Зайнулгабидинов²

¹ Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, comp05@mail.ru

² Казанский федеральный университет, notaurorin@gmail.com

Изучено влияние нефтяного загрязнения на состав нормальных углеводородов растений. Под воздействием нефтяного загрязнения у пшеницы яровой снижается содержание неполярных соединений и возрастает доля высокомолекулярных гомологов нормальных алканов. Горох посевной меньше подвержен воздействию нефтепродуктов в аллювиальной луговой почве.

Ключевые слова: н-алканы, нефтяное загрязнение, аллювиальная луговая почва, пшеница, горох.

В настоящее время фиторекультивация рассматривается как наиболее перспективный способ удаления из почвы широкого спектра органических загрязнителей, в том числе и нефтяных углеводородов [1, 2]. Однако, как любые используемые методы восстановления, фиторемедиация имеет свои ограничения, связанные с отсутствием полностью устойчивых к нефтяному загрязнению видов растений. Существует лишь некоторый порог чувствительности к определенным концентрациям поллютанта, при которых физиологические изменения не приводят к гибели высаживаемых видов [3, 4].

Выбор растений для конкретных участков в большинстве случаев основывается на эмпирических результатах лабораторных экспериментов [5].

В качестве наиболее перспективных культур для фиторекультивации нефтезагрязненных территорий рассматриваются растения, относящиеся к семействам злаковые (*Gramineae*) и бобовые (*Fabaceae*) [6–9].

Негативное влияние поллютанта сказывается на росте и развитии возделываемых культур [10]. Показано, что у растений, произрастающих на загрязненных нефтью почвах, снижалась площадь ассимиляционной поверхности, изменялась морфология корневой системы, происходила задержка роста, деформация листьев, некроз тканей и клеток растений [11, 12].

Гомологи *n*-алканов, входящие в состав наружных восковых покрытий, представляют собой особую часть кутикулы растений, а их распределение имеет зависимость от таких основных факторов внешней среды как среднегодовые температура и влажность [13]. В данном исследовании предполагалось, что выращивание растений на загрязненной почве в стабильных лабораторных условиях позволит выявить влияние нефти на количественное и качественное соотношение углеводов (УВ), входящих в их состав восков и оценить фиторемедиационный потенциал рассматриваемых культур.

В работе рассмотрено по одному виду семейства злаковых и бобовых – пшеница яровая (*Gramineae*, *Triticum vulgare* L.) сорта «Йолдыз» и горох посевной (*Fabaceae*, *Pisum sativum* L.) сорта «Казанец». Всхожесть семян составляла более 95%. Растения высаживались в аллювиальную луговую почву. Рассматривалось 2 варианта – чистая почва и почва с нефтяным загрязнением. Загрязнителем являлась сернистая нефть Ямашинского месторождения Республики Татарстан, которая относится к парафинисто-смолистому типу.

Лабораторные вегетационные опыты проводились согласно ГОСТ Р ИСО 22033-2009 [14] при температуре окружающего воздуха 19–26 °С. Режим освещения – 16 часов в сутки, интенсивность – 4000 Лк. Влажность почв поддерживалась на уровне 60% от полной влагоемкости. В качестве вегетационных сосудов использовали пластиковые емкости диаметром 11 см и объемом 550 мл. Количество повторностей в каждом варианте – 3.

Отбор растительных образцов для анализа проводился через 42 дня. Экстракцию УВ из собранных растений проводили в ультразвуковой ванне при температуре 50 °С в течение 15 мин. В качестве экстрагента использовали четыреххлористый углерод. Для отделения от полярных соединений экстракт пропускали через колонку, заполненную оксидом алюминия. Прошедший через колонку экстракт, содержащий только неполярные органические соединения (*n*-ОС), подвергали дальнейшему анализу [15].

Определение общего содержания органических соединений и группового состава *n*-алканов проводили газохроматографическим методом на газожидкостном хроматографе «Хроматэк Кристалл-5000» с пламенно-ионизационным детектором на капиллярной колонке длиной 30 м и внутренним диаметром 0,255 мм. Расчет хроматограмм осуществляли при помощи программы Хроматэк Аналитик 2,6. Расчет необходимых аналитических показателей по данным, получаемым методом хроматографии, производился с использованием ранее разработанного макроса MS Exel [16].

Идентификацию углеводородов нормального строения (н-УВ) проводили по реперным соединениям, в качестве которых использовали ундекан, додекан, тридекан, тетрадекан и гексадекан. В тех же условиях по хроматограмме дизельного топлива идентифицировали н-алканы с числом углеродных атомов от C_{16} до C_{35} . Общее содержание н-ОС определяли по сумме площадей всех пиков. Одновременно рассчитывали содержание индивидуальных н-алканов и их общее количество.

Наибольшее содержание н-ОС выявлено у гороха посевного. Доля н-алканов составляет порядка 6 %. Отмечается увеличение доли парафинов у растений, выращенных на нефтезагрязненном варианте (рис. 1). Содержание н-ОС у пшеницы по сравнению с горохом было в 2,3 и 3,6 ниже на контрольном и загрязненном варианте соответственно. Процентное содержание н-алканов у растений с контрольного варианта составляет 28,3%, что в 5 раз выше, чем у гороха, выращенного на чистой почве. У пшеницы, собранной с загрязненного варианта, отмечено достоверное (в 1,5 раза) увеличение содержания н-УВ ($p < 0,05$).

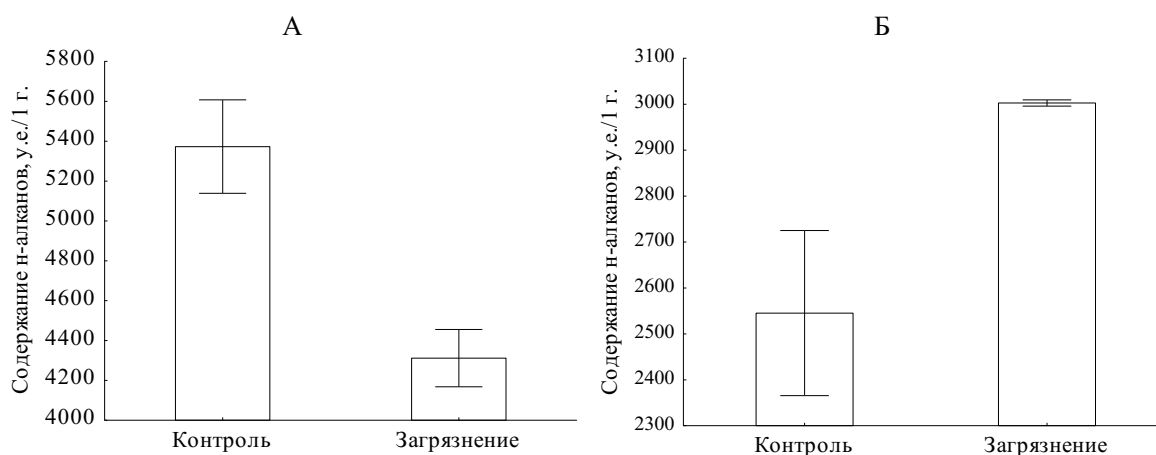


Рис. 1. Суммарное содержание н-алканов у растений, выращенных на чистой и нефтезагрязненной почве (в качестве единицы измерения использовалась безразмерная величина - условные единицы, у.е.)

А – пшеница яровая, Б – горох посевной

Профиль н-алканов рассматриваемых растений характеризовался доминированием высокомолекулярных гомологов с преобладанием нечетных молекул C_{25} , C_{27} , C_{29} , C_{31} и C_{33} (рис. 2). Для гороха отмечается увеличение четных гомологов C_{30} и C_{32} . Состав н-алканов у представителя семейства Fabaceae, выращенного на нефтезагрязненной почве, практически не изменился. Наиболее подвержен изменению профиль н-УВ у представителя семейства Gramineae – пшеницы. У этого вида регистрируется увеличение доли высокомолекулярных гомологов C_{27} , C_{29} , C_{31} и C_{33} .

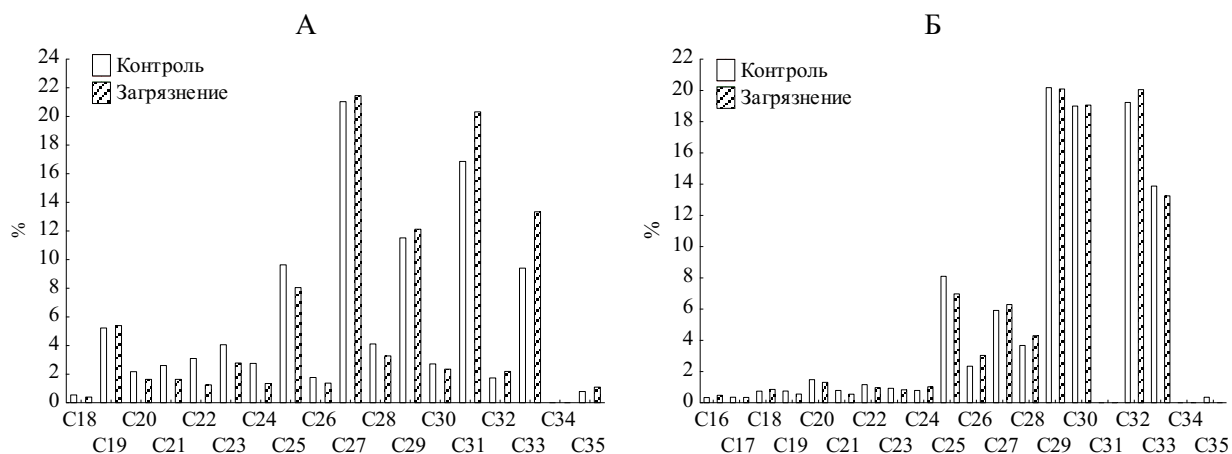


Рис. 2. Профиль н-алканов у растений, выращенных на чистой и нефтезагрязненной почве. А – пшеница яровая, Б – горох посевной

Таким образом, горох посевной характеризуется наибольшим содержанием н-ОС с минимальной долей н-УВ. У пшеницы яровой процентное содержание н-алканов составляет более 28% и снижается под влиянием нефтяного загрязнения. Профиль н-УВ рассматриваемых высших растений характеризуется преобладанием высокомолекулярных нечетных гомологов ряда C_{25} , C_{27} , C_{29} , C_{31} и C_{33} . Заметные изменения соотношения н-алканов под влиянием нефтяного загрязнения отмечены только для представителя семейства *Gramineae* – пшеницы яровой. Представитель семейства *Fabaceae* – горох посевной при выращивании на загрязненной нефтью аллювиальной.

Библиографический список

1. Alotaibi F., Hijri M., St-Arnaud M. Overview of Approaches to Improve Rhizoremediation of Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Soils // *Applied Microbiology*. 2021. Vol. 1, № 2. P. 329–351. doi: 10.3390/applmicrobiol1020023
2. Influence of Activated Carbon and Other Additives on Bioremediation Rate and Characteristics of Petroleum-Contaminated Soils / V. Kondrashina, E. Strijakova, L. Zinnatshina, E. Bocharnikova, G. Vasilyeva // *Soil Science*. 2018. Vol. 183, № 4. P. 150–158. doi: 10.1097/SS.0000000000000234
3. Использование бархатцев прямостоячих *Tagetes erecta* L. для фиторемедиации почвы, загрязненной нефтяными углеводородами / Н. А. Киреева, А. С. Григориади, Р. М. Баширова, А. Р. Амирова // *Агрохимия*. 2012. № 5. С. 66–72.
4. Express-phytotest for choosing conditions and following process of soil remediation / G. K. Vasilyeva, D. L. Pinsky, V. S. Kondrashina, E. R. Strijakova // *Environmental Geochemistry and Health*. 2020. Vol. 8. 13 p. doi: 10.1007/s10653-020-00727-8
5. Greenhouse and field assessment of phytoremediation for petroleum contaminants in a riparian zone / K. Euliss, Ho Chi-hua, A. P. Schwab, S. Rock, M. K. Banks // *Bioresource Technology*. 2008. Vol. 99, № 6. P. 1961–1971. doi: 10.1016/j.biortech.2007.03.055
6. Rhizodegradation of Petroleum Oily Sludge-contaminated Soil Using *Cajanus cajan* Increases the Diversity of Soil Microbial Community / I. A. Allamin, M. I. E. Halmi, N. A. Yasid, S. A. Ahmad, S. R. S. Abdullah, Y. Shukor // *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10, № 1. P. 11. doi: 10.1038/s41598-020-60668-1
7. Tolerance of *Impatiens balsamina* L., and *Crotalaria retusa* L. to grow on soil contaminated by used lubricating oil: A comparative study / W. Gamage, K. Masakorala, M. T. Brown,

W. J. Gamage // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2020. Vol. 188. P. 109911. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.109911

8. Petroleum hydrocarbon rhizoremediation and soil microbial activity improvement via cluster root formation by wild proteaceae plant species / S. A. Hoang, D. Lamb, B. Seshadri, B. Sarkar, Y. Cheng, L. Wang, N. S. Bolan // *Chemosphere*. 2021. Vol. 275. 130135. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.130135

9. Panchenko L. V., Muratova A. Yu., Turkovskaya O. V. Comparison of the phytoremediation potentials of *Medicago falcata* L. and *Medicago sativa* L. in aged oil-sludge-contaminated soil // *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. Vol. 24, № 3. P. 3117–3130. doi: 10.1007/s11356-016-8025-y

10. Киреева Н. А., Водопьянов В. В. Мониторинг растений, используемых для фиторемедиации нефтезагрязненных почв // *Экология и промышленность России*. 2007. № 9. С. 46–47.

11. Мазунина Л. Е. Особенности анатомии и морфологии высших растений в условиях нефтяного загрязнения // *Вестник Нижневартовского государственного гуманитарного университета*. 2009. № 1. С. 16–18.

12. Biochar amendment as a remediation strategy for surface soils impacted by crude oil / F. N. D. Mukome, M. C. Buelow, J. S. Shang, J. Peng, M. Rodriguez, D. M. Mackay, J. P. Pignatello, N. Sihota, T. Hoelen, S. J. Parikh // *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 265. 115006. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115006

13. Empirical relationship between leaf wax n-alkane δD and altitude in the Wuyi, Shennongjia and Tianshan Mountains, China: Implications for paleoaltimetry / P. Luo, P. Peng, G. Gleixner, Z. Zheng, Z. Pang, Z. Ding // *Earth and Planetary Science Letters*. 2011. Vol. 301. P. 285–296. doi: 10.1016/j.epsl.2010.11.012

14. ГОСТ Р ИСО 22033-2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая токсичность в отношении высших растений».

15. ПНД Ф 16.1.38-02. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почвы методом капиллярной газо-жидкостной хроматографии. М., 2002.

16. Зайнулгабидинов А. Э., Игнатьев Ю. А. Использование утилитарных макросов MS Excel для упрощения расчетов хроматографических данных // *Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XIX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием в 2 кн. Кн. 2. Киров, 2021. С. 118–121.*

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ОГНЕТУШАЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ

А. М. Капизова, А. Г. Чернышова
ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет»,
Gorbunova_anna_2014@mail.ru

В данной статье приведены особенности огнетушащих веществ, их применение для тушения определенных классов пожара, а также показатели их негативного влияния на окружающую природную среду в экологическом аспекте.

Ключевые слова: экологические последствия, огнетушащее вещество, негативное влияние, показатели.

Жизнедеятельность человека: промышленная, хозяйственная, бытовая, а также тушение пожаров являются антропогенным видом воздействия на окружающую среду.

Загрязнение окружающей среды происходит вследствие применения для ликвидации горения различных огнетушащих веществ. Эти вещества по-разному влияют на окружающую среду.

Вода вместе с растворенными в ней веществами может попадать в почву, подземные воды. При испарении ее может происходить загрязнение атмосферы.

Основным компонентом пены является пенообразователь, который не является токсичным веществом и относится к 3 классу опасности (умеренно опасные). Однако при попадании пены на почву или в водоем прекращается доступ кислорода и нарушается процесс фотосинтеза. Особенно вредны так называемые жесткие пены, которые не разрушаются бактериями.

Огнетушащие порошки наносят наименьший вред экологии, а при взаимодействии их с различными продуктами горения выделяется наименьшее количество вредных веществ.

Наиболее опасным из негорючих газов является оксид углерода, который при тушении пожара взаимодействует с различными веществами и может образовывать СО, фосген – сильнейшие отравляющие вещества.

Все хладоны токсичны и действуют на головной мозг, почки, печень и другие органы. Продукты их распада разрушают озоновый слой.

В целях уменьшения вредного воздействия на окружающую среду необходимо соблюдать некоторые условия. Значительно уменьшить расход воды на пожаре посредством применения смачивателей, увеличения вязкости воды, применения мелкораспыленной воды. Применять автомобили водозащиты и другие средства, препятствующие растеканию воды, а также применять негорючие газы только для тушения определенных веществ. Администрация объекта должна организовать уборку продуктов сгорания и оставшихся огнетушащих веществ и вывоз их в установленное место. При применении пены необходимо разработать мероприятия по ее удалению, а по возможности применять для тушения огнетушащие порошки.

Огнетушащими веществами (ОТВ) являются вещества, которые способны ликвидировать возгорание. Любое огнетушащее вещество (ОТВ) являются вещества, которые способны ликвидировать возгорание. Любое огнетушащее вещество воздействует на одно или несколько видов пожара.

Огнетушащее вещество может быть выбрано по определенным параметрам: по степени токсичности (для населенных пунктов), по огнетушащим характеристикам, по возможности использования огнетушащего вещества в установках пожаротушения, по классу пожара.

К определенному классу пожара применимо вещество с установленными свойствами (табл. 1).

Классификация ОТВ по классу пожара

№	Класс пожара	Тип пожарной нагрузки	ОТВ
1	A	Твердые горючие материалы	Все виды ОТВ
2	B	Горючие жидкости	Все виды пен, порошки, составы на основе галогеноуглеводородов
3	C	Горючие газы	Газовые составы
4	D	Металлы	Порошки
5	E	Электроустановки, находящиеся под напряжением	Хладоны, CO ₂ , порошки

При ликвидации пожара только часть огнетушащего вещества затрачивается на химические реакции, способные потушить горение. Другая часть выбрасывается в атмосферу, оказывая негативное влияние на окружающую среду.

Исходя из вышеизложенного, при оценке влияния ОТВ на окружающую среду, принимаются во внимание следующие показатели:

– ODP – потенциал разрушения озонового слоя – это относительная величина, указывающая, какое количество озона разрушается огнетушащим веществом. Данный показатель не должен превышать 1,0;

– GWP – потенциал глобального потепления – это относительная величина, указывающая, в какой мере увеличился уровень глобального потепления Земли в результате использования данного огнетушащего вещества. Значение GWP огнетушащего вещества должно быть не более 1,0;

– AL – продолжительность пребывания в атмосфере – это время влияния химических компонентов данного огнетушащего состава на атмосферу. Время нахождения вещества в атмосфере заканчивается, когда они начинают разлагаться под влиянием химических реакций или других веществ (например, озона), или факторов, например, солнечного излучения;

– экологический риск.

На рисунке 1 и 2 представлены диаграммы, отражающие влияние ОТВ на экологию в Астраханской области.

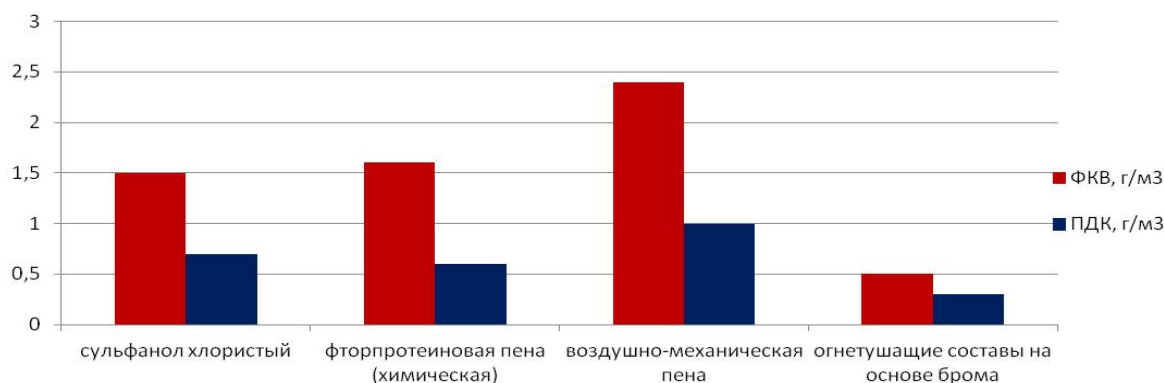


Рис. 1. Фактические концентрации веществ в почве сразу после пожара и их ПДК

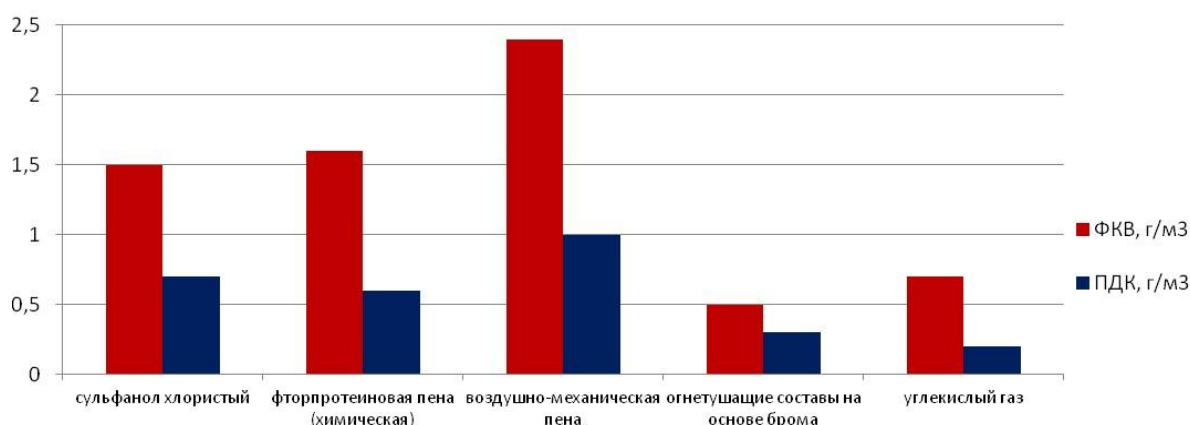


Рис. 2. Фактические концентрации веществ в атмосфере сразу после пожара и их ПДК

В таблице 2 представлены показатели, позволяющие оценить негативное влияние некоторых огнетушащих веществ на окружающую среду.

Таблица 2

Показатели негативного влияния огнетушащих веществ

№	Огнетушащий состав	Химические компоненты	ODP	GWP	AL (год)	Экологический риск
1	Halón 1301	CF ₃ Br	10–14	80	80–150	0,04%
2	Оксид углерода	CO ₂	0	0	120	10%
3	Воздушно-механическая пена	CO ₂ + H ₂ O + Al ₂ (SO ₄) ₃ + Na ₂ SO ₄	0	0	136	0,6%
4	Фторпротеиновая пена	–	0	2050	31	7,5%

На основании рассмотренных данных можно сделать вывод, что концентрация огнетушащих веществ сразу после ликвидации возгорания превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) в 2–10 раз.

По данным анализа почв на месте применения огнетушащих веществ было выявлено наличие сульфат-ионов в почвенном фильтрате с помощью раствора хлорида бария.

В настоящее время в Астраханской области в подразделениях пожарной охраны для ликвидации пожаров в качестве ПАВ используют вещества, содержащие фтор и, следовательно, имеющие малый период разложения. Они имеют высокий показатель GWP и представляют небольшой экологический риск по сравнению с другими огнетушащими составами.

Библиографический список

- ГОСТ 4.99-83. СПКП. Пенообразователи для тушения пожаров.
- Онищенко В. Я. Определение экологического риска. М. : Машиностроитель, 2014. С. 158.
- Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды. М. : Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации, 1993.

ПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕГКОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ В ПОЧВАХ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ИХ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ЖИДКОСТЯМИ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

М. В. Носова^{1,2}, В. П. Середина²

¹ АО «ТомскНИПИнефть», nsmvsh@mail.ru

² Национальный исследовательский Томский государственный университет

В статье описан порядок проведения рекультивационных мероприятий на засоленных почвах в нефтедобывающих районах, который позволит вовлечь естественный потенциал ландшафтов в процессы очищения, а также постепенно удалить легкорастворимые соли из почвы, не допуская возможности вторичного засоления почв.

Ключевые слова: техногенный галогенез, галофиты, экологические свойства, ремедиация.

Деятельность ПАО «НК «Роснефть» связана с рисками причинения ущерба окружающей среде. Каждый отказ сопровождается сбросом в экосистемы легкорастворимых солей, которые являются одной из наиболее распространенных причин техногенного засоления почв.

Выявлено, что водорастворимые соли (среди которых основная роль принадлежит хлоридам натрия), наряду с нефтью и нефтепродуктами, являются самыми распространенными токсикантами на территориях добычи нефти [1–6]. При продвижении от эпицентра разлива к периферии видно, что снижается сумма токсических солей от 0,38% в образцах почв, находящихся в 5 м от эпицентра разлива, до 0,21% – на расстоянии 15 м от эпицентра разлива.

Порядок проведения рекультивационных мероприятий включает оконтуривание участка загрязнения, устройство обвалования для защиты прилегающих территорий от загрязнения, устройство дренажных канав по всей площади участка. В зимний период года на засоленном участке параллельно временным сточным канавам с помощью экскаваторной техники формируются бугры снежных валов. Промывные воды из системы дренажных канав отводятся в подготовленные ранее в пониженных зонах участка приямки, а затем откачиваются в ассенизаторские машины с последующим вывозом собранной воды на объекты подготовки нефти для закачки в пласт. В зависимости от pH среды проводят известкование или гипсование почв.

Стоит отметить, что определение параметров почв по типу химизма, т. е. качественному составу солей, является весьма трудоемким процессом. Для ускорения обработки результатов лабораторных исследований разработан электронный помощник, предусматривающий автоматический расчет норм внесения гипса/известки, и заполнение всех пунктов технологической карты работ для каждого этапа. Распределение солей в почвенной толще поможет установить динамику процессов засоления почв или их стадию. Поми-

мо плотного остатка – общего показателя содержания солей в почвах загрязненных пластовыми водами сырой нефти, предлагается нормировать натрий в почвах, загрязненных минерализованными жидкостями сеноманских вод (хлориды).

Основной целью биологического этапа рекультивации является создание выдержанного по густоте и площади растительного слоя. Важной особенностью ремедиации в условиях техногенного засоления является использование аборигенной (местной), либо адаптированной к природной климатической обстановке солеустойчивой растительности.

На площади восстанавливаемого участка проводятся работы по посеву многолетних трав с разветвленной корневой системой, способствующей ускорению восстановления общего проектированного покрытия (ОПП).

Предлагают следующие решения по проведению фитомелиоративных мероприятий в случае необходимости досева трав и/или подсева растений.

1. При 50% проективном покрытии произвести высев по контуру, середину оставить для самозарастания участка.

2. При точечном зарастании участка рекомендуется высев по контуру и в центре участка. Межточечные пространства следует оставить для самозарастания участка.

3. В случае засоления участков, где незначительную площадь растительного покрова занимают лесные насаждения, участок необходимо засеять. В дальнейшем участок следует оставить для самозарастания подростом деревьев.

Использование данных рекомендаций позволит вовлечь естественный потенциал ландшафтов в рекультивационные процессы, а также постепенно удалить все легкорастворимые соли из почвы, не допуская возможности вторичного засоления почв.

Библиографический список

1. Солнцева Н.П. Эволюционные тренды почв в зоне техногенеза // Почвоведение. 2002. № 1. С. 9–20.
2. Геннадиев А. Н. Нефть и окружающая среда // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2016. № 6. С. 30–39.
3. Углеводородное состояние аллювиальных почв на территории Истринского морфоструктурного узла (Московская область) / Ю. И. Пиковский, А. Н. Геннадиев, Р. Г. Ковач, Н. И. Хлынина, А. В. Хлынина // Почвоведение. 2016. № 12. С. 1421–1434.
4. Пиковский Ю. И., Смирнова М. А., Геннадиев А. Н. Параметры нативного углеводородного состояния почв различных биоклиматических зон // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1307–1321.
5. Особенности влияния нефтяного загрязнения на почвы средней тайги Западной Сибири / В. П. Середина, Е. В. Колесникова, В. А. Кондыков, А. И. Непотребный, С. А. Огнев // Нефтяное хозяйство. 2017. № 5. С. 108–112.
6. Seredina V. P., Sadikov M. E. The soils of West Siberia middle taiga oil deposits and a predictive estimate of contamination hazard with organic pollutants // Contemporary Problems of Ecology. 2011. Vol. 4. No. 5. P. 457–461.

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА – РАСТЕНИЯ *PHRAGMITES AUSTRALIS* НА ТЕХНОГЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Е. В. Дабах^{1, 2}, А. П. Кислицына^{2, 3}

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com

² Вятский государственный университет,

³ ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр
Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого»

Изучался химический состав почв и растений (*Phragmites australis*) на территории бывшего хвостохранилища жидких отходов, 10 лет назад засыпанного песком, глиной с примесью твердых отходов: гипса и извести. Несмотря на высокую техногенную нагрузку на изучаемой территории, в почвах и в растениях *Phragmites australis* не происходит накопления загрязняющих веществ в значимых количествах. Однако в тростнике выявлен повышенный индекс аккумуляции стронция, бария и марганца.

Ключевые слова: техногенная территория, почвы, *Phragmites australis*, индекс аккумуляции.

Исследования проводились на техногенной территории в районе г. Кирово-Чепецка Кировской области, представляющей собой засыпанное хранилище жидких отходов. Через 10 лет после перекрытия наиболее низкие участки бывшего хвостохранилища, приуроченные к наибольшим глубинам существовавшего ранее водоема, заросли тростником обыкновенным (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Рыхлый насыпной материал в этой части территории представлен в основном песками и супесями, подземные воды подходят к поверхности, обеспечивая высокую влажность в засушливые годы, и обводненность грунтов во влажные годы и сезоны. В 2021 г. смешанные образцы формирующихся почв отбирали с двух глубин: из корнеобитаемого – 2–10 см и подстиляющего – 20–25 см слоев.

Химический состав почв и растений определялся методами масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (PQ-2, Elemental, Англия) и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICAP-61, Thermo Jarrell Ash, США) в АСИЦ ИПТМ РАН (г. Черноголовка Московской области). В растительных пробах определялись массовая доля сухого вещества, общего азота и нитратов, в почвах – pH в водной и солевой вытяжках, обменный аммоний, нитратный азот, органическое вещество, подвижные соединения фосфора и калия по общепринятым методикам.

Валовой состав верхнего легкосуглинистого слоя почвы по сравнению с песчаной подстиляющей толщей отличается более высокой концентрацией алюминия, железа и других элементов (табл. 1).

Таблица 1

Валовой химический состав почв

Глубина взятия образца, см	Содержание, %									
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	S _{общ}
2-10	3,8	1,8	1,2	0,55	0,55	0,66	0,029	0,17	0,082	0,059
20-25	2,6	1,2	0,43	0,33	0,49	0,55	0,017	0,10	0,029	0,016

По содержанию макроэлементов верхний слой очень близок к почвам водораздела, формирующимся на водноледниковых супесях, подстилаемых элювием карбонатных глин [1]. Концентрации элементов не превышают ПДК и, за исключением Sr, соответствуют региональному фону (табл. 2).

В песчаном слое в 3 раза меньше содержание CaO, P₂O₅, S_{общ} (табл. 1), заметно ниже концентрации всех микроэлементов (табл. 2).

Таблица 2

Содержание микроэлементов в почвах, в растениях и индекс аккумуляции

Элемент	Содержание, мг/кг		Индекс аккумуляции	ПДК в почвах [2]	Среднее содержание в травах, мг/кг [4]
	в почвах (2-10 см)	в растениях <i>Phragmites australis</i>			
Cu	26,8	2,7	0,123	33	4,8-25(1-33)
Zn	37,0	23,9	0,646	55	20-70 (3-100)
B	н.о.	2,7	н.о.	—	1,0-10
Mo	0,45	0,27	0,600	1,4	0,2-0,5 (0,2-1)
Mn	224,65	93	0,414	825*/1500	50-200
Fe	12600	37,5	0,003	—	50-150
Co	5,9	0,019	0,003	5,4*	0,03-0,28 (0,02-1)
Ni	25,4	0,17	0,007	20	0,4-3
Cr	26,8	0,22	0,008	84*	0,2-2
Sr	190	114	0,600	118*	10-1500
Cd	0,16	0,005	0,031	0,5	0,005-0,35
Pb	18,2	0,001	5,49E-05	32	0,1-5
Hg	0,096	<ПО	н.о.	2,1	0,005-0,05

Примечание: — н. о. — не определялось, <ПО — значение ниже предела обнаружения метода, * — региональный фон [3].

Верхний корнеобитаемый слой характеризуется более кислой реакцией и высоким содержанием органического вещества, он богаче азотом, подвижным фосфором, обменным калием (табл. 3).

Таблица 3

Агрохимические свойства почв

Глубина взятия образца, см	pH _{H2O}	pH _{KCl}	C, %	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	K ₂ O _{подв}	P ₂ O ₅ _{подв.}
				мг/кг			
2-10	6,7	6,2	2,84	12,4	10,2	38	224
20-25	7,8	7,4	0,28	2,0	1,7	13	60

Биомасса тростника на участке зарастания в 2021 г. составила 12,46 т/га сухой массы, высота растений достигала 195–223 см. Высокая урожайность тростниковых ценозов обусловлена не только высокими потенциальными возможностями *P. australis*, но и аэрирующей деятельностью его корневых систем, резко повышающих плодородие болотных почв [5]. Тростник переносит значительное засоление воды, нередко его можно встретить в водоемах с соленой и горьковатой водой. На исследуемой территории дренажные воды отличаются довольно высоким содержанием солей – электропроводность их составляет 1370 мкСм/см, в то время как электропроводность воды в р. Вятке, в долине которой расположены хранилища, не превышает 300 мкСм/см.

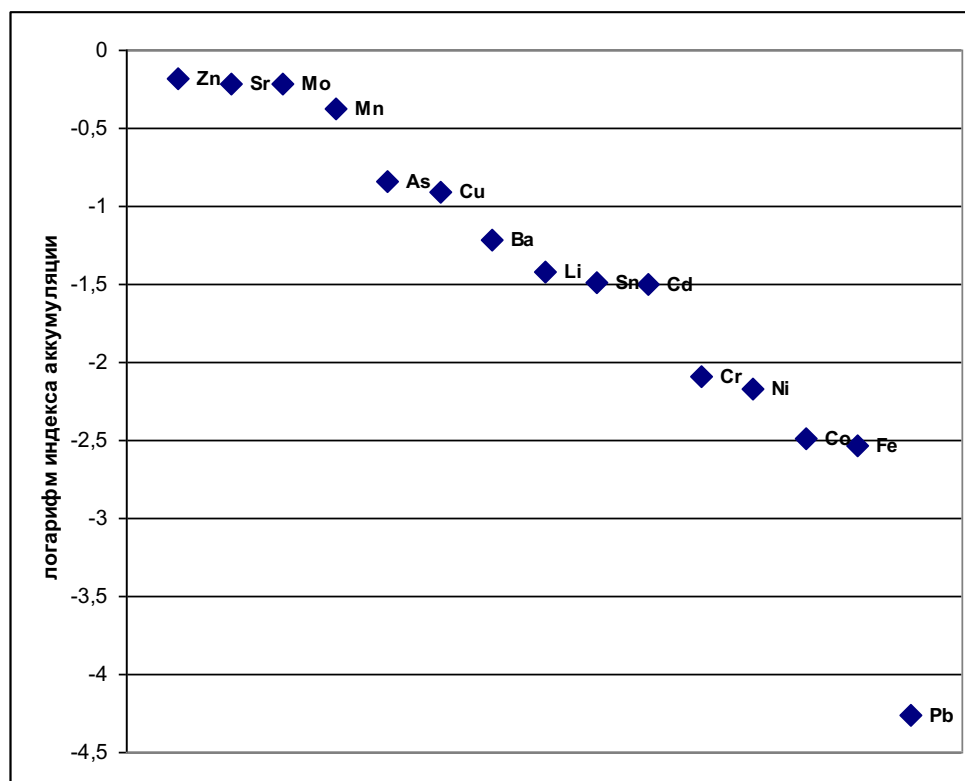


Рис. Биоаккумуляция элементов растениями *Phragmites australis*

Содержание микроэлементов в растениях тростника соответствует нижнему пределу средних концентраций элементов, характерных для травянистых растений (табл. 2). На рисунке показаны индексы аккумуляции (I_a) микроэлементов в *Phragmites australis*. Сравнивая полученную картину с обобщенными данными, представленными в [6] можно сделать вывод, что тростник на данной территории по накоплению микроэлементов мало отличается от других растений. В частности средняя степень накопления ($\lg I_a$ от 1 до -1) отмечена для Cu, Zn, Mo, Sr, As и Mn. Обычно степень накопления Mn слабая. Несмотря на то, что содержание Sr в почвах выше регионального фона, и на данной территории он является специфическим загрязняющим веществом, поскольку рядом расположен шламонакопитель мела, в растениях не выявлено каких-либо аномальных концентраций этого элемента. Накопление Li, Sn, Cd также слабое, что соответствует литературным данным. Барий ак-

кумуляруется тростником на порядок активнее, чем характерно для растений в целом. Полагают, что опасность накопления этого элемента, особенно в сочетании с избытком стронция недооценена [7]. В *Phragmites australis* не накапливается железо ($\lg I_n < -2$) и в отличие от других растений отсутствует накопление Cr, Ni, Co и Pb.

Таким образом, несмотря на высокую техногенную нагрузку на изучаемой территории в почвах и в растениях *Phragmites australis* на месте засыпанного хвостохранилища жидких отходов не происходит накопления загрязняющих веществ в значимых количествах. Однако выявлен повышенный индекс аккумуляции в растениях стронция, бария и марганца.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги».

Библиографический список

1. Дабах Е. В., Кислицына А. П., Домнина Е. А. Сравнительное изучение содержания микроэлементов в системе почва – растения луговых биоценозов // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 1. С. 139–146. doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-139-146
2. СанПиН 2.1.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
3. Эколого-геохимическая карта почв Кировской области. СПб. : ВСЕГЕИ, 1996.
4. Церлинг В. В. Диагностика минерального питания сельскохозяйственных культур : справочник. М. : Агропромиздат, 1990. 235 с.
5. Куркин К. А. Системные исследования динамики лугов. М., 1976. С. 177.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М. : Мир, 1989. С. 86.
7. Водяницкий Ю. Н. Об опасности тяжелых металлов/металлоидов в почвах // Бюлл. Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2011. Вып. 68. С. 56–81.

ВЛИЯНИЕ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN. НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ (СРЕДНЯЯ ТАЙГА РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Ю. А. Смотрина¹, Е. М. Лаптева², И. Г. Захожий², И. В. Далькэ²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
smotrina-juliya@yandex.ru

² Институт биологии ФИЦ КНЦ УрО РАН, lapteva@ib.komisc.ru

Рассмотрено влияние инвазии борщевика Сосновского (Manden.) в постагрогенные экосистемы на ферментативную активность бывших пахотных почв. Показано, что почва постагрогенного участка характеризуется очень бедной степенью обогащения ферментом каталазы. Однако внедрение на залежный участок и развитие *H.sosnowskyi* способствует возрастанию активности фермента каталазы в постагрогенной почве по сравнению с сообществами злаково-разнотравного луга и мелколиственного древесного сообщества.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, ферментативная активность почв, активность фермента каталаза.

На рубеже XX–XXI вв. во многих регионах Российской Федерации, в т.ч. в Республике Коми, начался вывод сельскохозяйственных земель из режима агроиспользования и формирование постагрогенных экосистем. На залежных землях трансформация почв, направление и скорость изменения их свойств во многом определяются характером сукцессионной смены растительного покрова – развитием травянистой и древесной растительности. Масштабное внедрение в постагрогенные экосистемы растений борщевика Сосновского – *Heracleum sosnowskyi* Manden. [1] в биоклиматических условиях средней тайги оказывает значимое влияние на сохранение и поддержание плодородия почв [2]. Преобладание в структуре фитомассы *H. sosnowskyi* надземных (65,3%) органов над подземными (34,8%) способствует возврату в почвы постагрогенных экосистем значительного количества быстро минерализуемого органического вещества (Сорг. 7,4 т/га), азота (208 кг/га) и зольных элементов (847 кг/га). В свою очередь, это обуславливает сохранение на высоком уровне содержания в них почвенного углерода, азота, подвижных форм фосфора, калия и обменного кальция по сравнению с аналогичными почвами, занятыми злаково-разнотравными сообществами.

Наиболее информативными интегральными характеристиками биологической активности почвы, и, следовательно, их плодородия является активность почвенных ферментов [3]. Параметры и показатели активности почвенных ферментов широко применяются для оценки состояния почв как целинных, так и агроэкосистем [4]. Однако исследования влияния зарастания *H. sosnowskyi* залежных земель на параметры активности ферментов в почвах постагрогенных экосистем на данный момент отсутствуют. В связи с этим, цель работы заключалась в выявлении закономерностей изменения ферментативной активности постагрогенных почв под влиянием инвазии *Heracleum sosnowskyi* Manden.

Для выполнения исследований выбран модельный участок площадью около 0,75 га, который расположен на территории Радиобиологического комплекса Института биологии Коми НЦ УрО РАН (координаты: 61.645851 с. ш., 50.731263 в. д.) [5]. Данный участок 10 лет назад выведен из системы агрорежима и в настоящее время активно зарастает *H. sosnowskyi*. В пределах участка выделены площадки для отбора проб почвы из бывшего пахотного горизонта: (1) центральная часть участка, зарастающая *H. sosnowskyi*; (2) периферическая часть участка, на которой сохранена злаково-разнотравная растительность без внедрения особей *H. sosnowskyi*; (3) участок луга, зарастающий осинкой – *Populus tremula* L.

Образцы почв на каждой площадке отбирали из бывшего пахотного горизонта на глубину 0–20 см в июле 2021 гг. в 5-кратной повторности. Для проведения исследований почвы готовили в соответствии с общепринятыми методами, активность ферментов определяли в воздушно-сухих образцах в

соответствии с рекомендациями [6]. В образцах почв всех участков определяли активность фермента каталазы газометрическим методом [7], который позволяет определить не только суммарную каталитическую активность (Σ КА), но и оценить вклад ферментативной (КАф) и неферментативной (КАнф) ее составляющих. Повторность определения 3-кратная.

Каталаза считается наиболее универсальным биоиндикатором состояния почвенных экосистем, поскольку адекватно отражает специфический ответ (усиление либо снижение показателей) почвенной биоты на влияние условий среды. Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о бедности почвы модельного участка ферментом каталазы. Во всех проанализированных образцах активность каталазы ниже $1 \text{ см}^3 \text{ O}_2 / 1 \text{ г мин}^{-1}$, что по шкале Д. Г. Звягинцева [8] соответствует очень низкой степени обогащенности почвы ферментом – почвы очень бедные. Однако рассмотренные участки постагрогенной экосистемы, занятые разными типами растительности, существенно отличаются друг от друга, как по параметрам ферментативной каталазной активности, так и по величинам неферментативной каталитической активности (КАнф) и суммарной каталитической активности (Σ КА). Максимальными показателями в рассмотренном ряду отличается почва центральной части постагрогенного участка, формирование которой происходит в настоящее время под влиянием *H. sosnowskyi* (рис.). В почве под зарослями борщевика показатели Σ КА и КАнф в 1,5–2,0 раза выше по сравнению с почвами постагрогенного участка со злаково-разнотравной растительностью и молодым сообществом осины. В то же время показатели активности фермента каталазы (КАф) в почве осинового молодняка и центральной части участка с зарослями борщевика достоверно не отличаются друг от друга, но их показатели практически в 2 раза выше по сравнению с почвой злаково-разнотравного сообщества. Известно, что в почвах под зарослями борщевика Сосновского формируются специфические микробные комплексы [9], в них происходит существенная перестройка таксономического состава и численности дрожжевых сообществ [10]. Ранее проведенные нами исследования свидетельствуют о том, что почвы центральной части постагрогенного участка с зарослями *H. sosnowskyi* отличаются по составу эколого-трофических групп микроорганизмов от участка, на котором сохранена злаково-разнотравная растительность [5]. Измерение величины субстрат-индуцированного дыхания показало, что после добавления к почве питательного субстрата (раствор глюкозы) наблюдается устойчивое увеличение скорости выделения CO_2 , которое обусловлено активизацией микробиологического комплекса почв. В почве под зарослями микробная биомасса составляет около 600 мкг С г^{-1} , что в 2,5 раза выше по сравнению с почвой под разнотравной растительностью [5]. Высокая интенсивность субстрат-индуцированного дыхания почвы центральной части залежного участка, где представлено моновидовое сообщество *H. sosnowskyi*, согласуется со значительной биологической активностью ее почвенного микробного сообщества и более высокими показателями активности фермента каталазы.

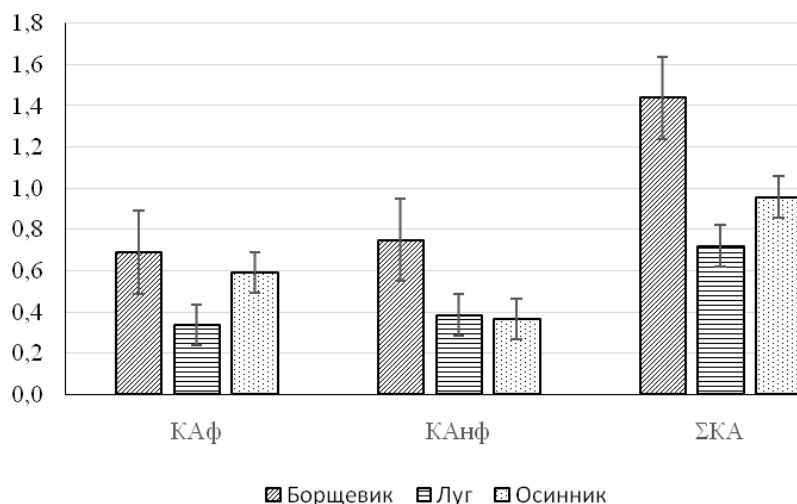


Рис. Показатели суммарной (ΣКА), ферментативной (КАф) и неферментативной (КАнф) каталитической активности почв ($\text{см}^3 \text{O}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$) постагрогенного участка под зарослями борщевика Сосновского (Борщевик), злаково-разнотравной растительности (Луг) и молодого древесного сообщества (Осинник). Планками погрешности показаны границы доверительного интервала для $p = 0,9$

Таким образом, различия в микробиологической активности почв и специфике растительного опада, включающегося в процессы минерализации, могут оказывать определяющее влияние на параметры ферментативной активности почв постагрогенных экосистем. На примере залежного участка, находящегося под влиянием более чем 10-летнего периода биологического вторжения *H. sosnowskyi* в постагрогенную экосистему [6], показано, что на участках с *H. sosnowskyi* в постагрогенных почвах отмечается более высокий уровень активности фермента каталазы по сравнению с залежными лугами и молодым древесным сообществом (осинник). Однако в целом уровень ферментативной активности постагрогенных почв соответствует биоклиматическим условиям средней тайги и характеризуется очень бедной степенью их обогащения ферментом каталаза.

Библиографический список

1. Кондратьев М. Н., Бударин С. Н., Ларикова Ю. С. Физиолого-экологические механизмы инвазивного проникновения борщевика Сосновского в неиспользуемые агроэкосистемы // Известия ТСХА. 2015. Вып. 2. С. 36–49.
2. Влияние инвазии борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на плодородие постагрогенных почв Европейского Северо-Востока (на примере средней тайги Республики Коми) / Е. М. Лаптева, И. Г. Захожий, И. В. Далькэ, Ю. А. Смотрина, Э. А. Генрих // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 66–73. doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-066-073
3. Хазиев Ф. Х., Гулько А. Е. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы ее изучения // Почвоведение. 1991. № 8. С. 88–98.
4. Применение показателей ферментативной активности при оценке состояния почв под сельскохозяйственными угодьями / Е. В. Даденко, М. А. Прудникова, К. Ш. Казеев,

С. И. Колесников // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 3 (4). С. 1274–1277.

5. Микробиологическая деструкция фитомассы борщевика Сосновского в почвах постагрогенных ценозов (на примере Республики Коми) / Ю. А. Смотрина, И. Г. Захожий, И. В. Далькэ, Н. Н. Шергина, Е. М. Лаптева. // Биологические и географические аспекты экологии человека : сборник докладов Всерос. конф. с междунар. участием имени В. А. Витязевой. Сыктывкар, 2021. С. 57–62.

6. Изменение ферментативной активности при хранении почвенных образцов / Е. В. Даденко, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков // Почвоведение. 2009. № 12. С. 1481–1486.

7. Даденко Е. В., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Методы определения ферментативной активности почв. Ростов-на-Дону – Таганрог : Южный федеральный университет, 2021. 176 с.

8. Звягинцев Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–54.

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

10. Глушакова А. М., Качалкин А. В., Чернов И. Ю. Почвенные дрожжевые сообщества в условиях агрессивной инвазии борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) // Почвоведение. 2015. № 2. С. 221–227.

ВЛИЯНИЕ ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИИ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ЛУГОВЫХ ПОЧВ

Л. К. Каримуллин, А. М. Петров, И. В. Князев
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан, karlenar@yandex.ru

В лабораторном хроническом эксперименте изучена биохимическая активность чистых и нефтезагрязненных образцов аллювиальной луговой супесчаной и среднесуглинистой почвы до и после проведения фиторекультивационных мероприятий с использованием одно- и двудольных растений. Определено влияние выращивания высших растений на биохимическую активность почвенных микробоценозов чистых и нефтезагрязненных почв.

Ключевые слова: фиторекультивация, нефтепродукты, каталаза, уреазы, аллювиальная луговая почва.

На сегодняшний день одной из острых экологических проблем является загрязнение почвенного покрова нефтью. Деструкция нефти и нефтепродуктов (НП) в окружающей среде это сложный многофакторный процесс, на который оказывают влияние состав, физико-химические свойства, концентрация и срок действия загрязнителя, почвенно-климатические условия и биологические особенности экосистемы.

В связи с длительностью процесса естественного самоочищения почв от нефтяного загрязнения, продолжающегося от нескольких лет до нескольких десятилетий, возникает необходимость в их рекультивации. Основным комплекс мероприятий, направленных на восстановление нормального функционирования почв включает рыхление, внесение минеральных удобрений и микроорганизмов-деструкторов нефти, а так же проведение фиторекультивационных мероприятий, цель которых состоит в ускорении процессов метаболизма и выноса остатков нефтепродуктов из почвы. При этом аборигенная микрофлора, несомненно, играет наиболее важную роль в восстановлении свойств, обеспечении устойчивого функционирования почвенных микробоценозов [1, 2].

Цель исследования – изучить влияние посевов культур одно- и двудольных растений на ферментативную активность микробоценоза нефтезагрязненной аллювиальной луговой ($A_{л}$) почвы.

Объектами исследования являлись предварительно технически рекультивированные (увлажнение и рыхление) аллювиальные луговые супесчаная ($A_{л}^{сп}$) и среднесуглинистая ($A_{л}^{сг}$) почвы с различным остаточным содержанием нефтепродуктов (НП). Подготовка исходных проб к анализу осуществлялась в соответствии с ГОСТ 29269-91. Образцы почвы после предварительного подсушивания и удаления растительных остатков просеивались через сита Винклера с диаметром ячеек 3 мм. Опытные варианты с заданным содержанием поллютанта (варианты В1, В2, В3 и В4) готовились путем искусственного загрязнения почвы нефтью весовым методом. Исходное содержание НП в опытных образцах, определяли двумя методами: потерей массы при прокаливании (ПМП) [3] и ИК-спектрометрией (ИК) (ПНД Ф 16.1:2.2.22-98) [4]. Контролем служила чистая $A_{л}$ почва (табл. 1). Уровень каталазной и уреазной активности почв определяли согласно [5].

Таблица 1

Начальное содержание нефтепродуктов в $A_{л}$ почве (г/кг)

Почва	Метод определения НП	Варианты				
		К	В1	В2	В3	В4
Среднесуглинистая	ИК	<0,05	1,9	3,1	4,1	6,0
	ПМП	–	6,3	9,1	11,3	14,8
Супесчаная	ИК	<0,05	1,8	3,1	4,2	6,5
	ПМП	–	1,5	4,9	6,0	11,0

Эксперименты по фиторекультивации проводились в лабораторных условиях при температуре 21–26°C с использованием однодольного (пшеница яровая, *Triticum vulgare* L.) и двудольного (горох посевной, *Pisum sativum* L.) растений (ГОСТ Р ИСО 22033-2009). Режим освещения – 16 часов в сутки, интенсивность – 4000 Лк. В качестве вегетационных сосудов использовались пластиковые емкости диаметром 11 см, объемом 550 мл, содержащие по 400 г почвы. В каждом сосуде до конца эксперимента выращивали по 4 растения. Влажность почвы поддерживали на уровне 60% от полной влагоемкости. Че-

рез 42 дня инкубации растения удалялись, и определялась биохимическая активность почвы.

Биохимическая активность чистой супесчаной почвы закономерно была ниже среднесуглинистой (табл. 2). Как правило, на ферментативную активность влияют содержание органического вещества и гранулометрический состав почвы, уровень загрязнения и продолжительность воздействия поллютанта [6, 7].

Каталазная активность всех опытных нефтезагрязненных образцов технически рекультивированных почв была выше, чем в контроле (табл. 2). При этом скорость разложения пероксида водорода на $A_{\text{л}}^{\text{cc}}$ почве в вариантах со средними (B2, B3) и высокими (B4) содержаниями поллютанта была в 1,6–3,8 раз выше, чем в аналогичных вариантах с супесчаной почвой.

После выращивания пшеницы на $A_{\text{л}}^{\text{сп}}$ почве в опытных образцах каталазная активность снизилась в 1,4–3,5 раза, при этом оставаясь выше активности фермента в контроле (табл. 2).

Таблица 2

Каталазная активность образцов $A_{\text{л}}$ почвы до и после фиторекультивации ($\text{мгН}_2\text{О}_2/\text{г}$)

Почва	К	B1	B2	B3	B4
До фиторекультивации					
Супесчаная	0,05	0,31	0,34	0,28	0,16
Среднесуглинистая	0,14	0,28	0,53	0,62	0,62
После выращивания пшеницы					
Супесчаная	0,05	0,09	0,24	0,21	0,11
Среднесуглинистая	0,54	0,49	0,78	0,75	0,64
После выращивания гороха					
Супесчаная	0,21	0,19	0,27	0,16	0,26
Среднесуглинистая	0,43	0,52	0,69	0,63	0,60

Культивирование гороха на $A_{\text{л}}^{\text{сп}}$ почве привело к 4-х кратному увеличению каталазной активности в контрольной пробе при заметном ее снижении (в 1,3–1,8 раза) в вариантах B1-B3. В целом, каталазная активность контрольных и опытных образцов $A_{\text{л}}^{\text{сп}}$ почвы после выращивания гороха отличалась незначительно.

После выращивания высших растений на среднесуглинистой почве активность каталазы в контроле увеличилась в 3,1–3,9 раз, вариантах B1-B2 в 1,3–1,9 раза. В образцах почвы с максимально испытанными концентрациями нефтепродуктов, каталазная активность не изменилась.

Содержание НП в вариантах B1 и B2 $A_{\text{л}}$ супесчаных и среднесуглинистых почв до проведения фиторекультивации мало влияло на скорость разложения мочевины. Рост гидролазной активности был зафиксирован только в вариантах с высоким содержанием НП (B3 и B4) (табл. 3).

Таблица 3

**Уреазная активность образцов A_d почвы до и после фиторекультивации
(мкг N/г·час)**

Почва	К	B1	B2	B3	B4
До фиторекультивации					
Супесчаная	0,72	0,81	0,86	1,85	1,62
Среднесуглинистая	2,27	1,91	2,18	2,74	5,97
После выращивания пшеницы					
Супесчаная	0,50	0,53	0,68	0,61	0,82
Среднесуглинистая	1,72	1,08	0,80	0,49	0,71
После выращивания гороха					
Супесчаная	0,63	0,64	0,69	0,50	0,73
Среднесуглинистая	2,42	1,38	0,93	0,71	0,82

Выращивание растений нивелировало влияние поллютанта на уровень уреазной активности супесчаной почвы, в опытах со среднесуглинистой почвой наблюдалось ее снижение при увеличении содержания поллютанта в 1,6–3,5 раза от контроля.

Выводы. 1. Биологическая активность аллювиальных луговых почв зависит от гранулометрического состава. В нефтезагрязненных супесчаных почвах при схожих тенденциях в изменении ферментативной активности влияние дозы поллютанта на интенсивность биохимических реакций проявляется слабее, чем в среднесуглинистых почвах.

2. В испытанном диапазоне содержания НП в технически рекультивированной аллювиальной луговой почве не выявлено ингибирующее действие поллютанта на биохимическую активность почвенного микробоценоза.

3. Выращивание пшеницы и гороха в присутствии поллютанта приводит к снижению каталазной и уреазной активности аллювиальной луговой супесчаной почвы.

4. Культивирование высших растений на нефтезагрязненных аллювиальных луговых среднесуглинистых почвах стимулирует рост каталазной активности и ингибирует уреазную активность.

Библиографический список

1. Физиологическая активность рекультивированных аллювиальных почв при разном остаточном содержании нефтепродуктов / А. А. Вершинин, А. М. Петров, Л. К. Каримуллин, И. В. Князев, Т. В. Кузнецова // Вестник Нижневартского государственного университета. 2021. № 2. С.112–118.
2. Шабаев В. П., Бочарникова Е. А., Остроумов В. Е. Ремедиация загрязненной кадмием почвы при применении стимулирующих рост растений ризобактерий и природного цеолита // Почвоведение. 2020. № 6. С. 738–750.
3. Игнатьев Ю. А., Зайнулгабидинов Э. Р., Петров А. М. Применение метода прокалывания для определения содержания аллохтонных углеводов нефти в серых лесных почвах // Российский журнал прикладной экологии. 2018. № 3. С. 34–37.
4. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии. 20 с.

5. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М. : Наука, 2005. 252 с.
6. Каримуллин Л. К., Петров А. М., Вершинин А. А. Фиторекультивация и физиологическая активность нефтезагрязненной дерново-подзолистой почвы // Российский журнал прикладной экологии . 2016. № 1. С. 13–17.
7. Каримуллин Л. К., Петров А. М., Кузнецова Т. В. Влияние нефтяного загрязнения на ферментативную активность почв разного гранулометрического состава // Современное состояние и перспективы инновационного развития нефтехимии : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. Нижнекамск, 2016. С. 232–233.

ВЛИЯНИЕ РИЗОСФЕРНОГО ЭФФЕКТА НА АКТИВНОСТЬ ФОСФАТАЗ В ЧЕРНОЗЕМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ

Н. В. Безлер, В. Д. Цомая, Л. Д. Стахурлова
Воронежский государственный университет,
valera-comaya@yandex.ru

Показано отсутствие ризосферного эффекта на основные показатели плодородия черноземов выщелоченных. Выявлена повышенная активность фосфатаз в ризосфере пропашных культур: кукурузы и подсолнечника. Не обнаружено прямой коррелятивной связи между активностью фермента и содержанием подвижного фосфора в почве.

Ключевые слова: черноземы выщелоченные, гумус, реакция среды, ризосфера, ризосферный эффект, фосфатаза, ферменты, ферментативная активность.

Растительный покров является мощным фактором почвообразования. Видовые особенности растений накладывают определенный отпечаток на состав микрофлоры и интенсивность биологических процессов в почвах. Вклад растений в ферментный пул почвы осуществляется как прямым путем в результате выделения внеклеточных ферментов корневой системой в процессе метаболизма и внутриклеточных ферментов при микробном разложении растительных остатков, так и косвенным путем, за счет ризосферного эффекта на почвенную микрофлору. Одним из ферментов, по активности которого можно судить о ризосферном эффекте, является фосфатаза. Посредством воздействия фосфатаз происходит биохимическая мобилизация органического фосфора, он переводится в доступное для растений состояние. Активность ферментов зависит от фазы развития растений и их взаимодействия с микроорганизмами-симбионтами, от кислотности почвы, а также от доступности фосфора растениям [1]. Исследованию ферментативной активности почв посвящено большое количество работ. Однако особенностям изменения ферментативной активности под влиянием растительности уделено недостаточно внимания. Важными представляются сравнительные данные, полученные с полей различных зерновых и технических культур.

Настоящие исследования проводятся на территории ФГБНУ ВНИИ Сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова в условиях длительного стационарного опыта, заложенного в 2011 году под руководством профессора Н. В. Безлер, в паровом звене зерно-паро-пропашного 4-х польного севооборота (1 – пар; 2 – озимая пшеница; 3 – сахарная свекла; 4 – ячмень). В 2012 и 2014 гг. в двух полях звена была запахана солома в соответствии с ротацией. Площадь опытного участка составляет 1209,6 м², каждой делянки – 75,6 м². Норма внесения соломы – 4 т/га, питательной добавки (ПК – 1:1000) – 200 л/га, целлюлозолитический микромицет вносили на делянки в виде инокулюма. На всех опытных полях удобрения вносятся в виде азофоски (NPK 16:16:16).

Почвенные образцы отбирали в динамике (май, июль, сентябрь) из слоя 0-10 см и из ризосферы. Отбор на полях пшеницы, ячменя и косимой залежи проводился в начале июля, кукурузы и подсолнечника – в середине июля. Разница дат отбора обусловлена фазами развития культур. На этих фазах развития у растений наблюдается максимальный процесс фотосинтеза и выделение корневых экссудатов.

Объектом исследования служили черноземы выщелоченные тяжелосуглинистые среднemosные на покровных карбонатных суглинках. Анализ почвенных образцов проводили по общепринятым методам [2]. Активность фосфатазы оценивали методом, предложенным Ф. Х. Хазиевым [3].

Устойчивость почв к различным факторам воздействия зависит от содержания гумуса и состояния почвенно-поглощающего комплекса (ППК). Исследуемые черноземы характеризуются как малогумусные с близкой к нейтральной реакции среды почвенного раствора. Среднее содержание гумуса исследуемых почв по вариантам опыта колеблется в пределах 5,3–5,6% и не было вызвано ризосферным эффектом (табл. 1).

Таблица 1

**Физико-химические и химические показатели черноземов
выщелоченных ОПХ ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова**

Варианты	рН		Гумус, %		Са +Mg, ммоль(экв)/100 г		Нг, ммоль(экв)/100 г		V, %	
	ризо-сфера	поч-ва	ризо-сфера	поч-ва	ризо-сфера	почва	ризо-сфера	почва	ризо-сфера	поч-ва
Кукуруза	6,6	6,6	5,3	5,4	31,0	33,4	3,8	3,9	89,1	89,5
Подсол-нечник	6,7	6,8	5,5	5,6	35,7	33,2	3,9	3,5	90,1	90,4
Пшеница	6,8	6,9	5,3	5,3	29,6	30,2	3,8	4,1	88,6	88,0
Ячмень	6,6	6,7	5,6	5,7	35,4	32,6	3,6	3,5	90,7	90,3
Овес	6,7	6,8	5,6	5,6	28,6	30,2	3,9	3,7	87,4	89,1
Залежь	6,9	6,9	6,7	6,8	32,0	33,4	2,3	2,8	93,2	93,1

Повышенное содержание гумуса в почве залежи объясняется отсутствием антропогенной нагрузки. По всей видимости, длительная распашка

почвы привела к повсеместному обеднению ее активным органическим веществом.

В тесной взаимосвязи с содержанием гумуса находится состояние поглощающего комплекса почвы (сумма обменных оснований). Между этими показателями была обнаружена тесная прямая корреляционная связь с $r = 0,72-0,76$. При выращивании зерновых и масличных культур не выявлено влияния ризосферного эффекта на содержание обменных кальция и магния. Показатели гидролитической кислотности не выходят за пределы 4 мг/экв на 100г и являются оптимальными для черноземов выщелоченных (табл.1).

Все живые организмы почвы являются продуцентами биологически активных веществ, в первую очередь, ферментов – катализаторов белковой природы. Многочисленные исследования, проведенные с культурными и естественными травянистыми и древесными растениями, показывают более высокую ферментативную активность в зоне, непосредственно примыкающей к корням живых растений и являющейся областью активного развития микроорганизмов. Сталкиваясь в этих вопросах со значительным варьированием биологических параметров во времени и пространстве, была отмечена их высокая зависимость от произрастающей растительности и возделываемых культур севооборота. Самой высокой активностью фосфатаз характеризуются почвы косимой залежи, так как, в отличие от других вариантов, данный биоценоз не испытывает антропогенной нагрузки, а повышенную активность ферментов можно объяснить результатом деятельности многих поколений живых организмов. В зоне корневых систем выявлено незначительное повышение активности фосфатаз (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание подвижного фосфора и активность фосфатаз
под различными сельскохозяйственными культурами**

Варианты	P ₂ O ₅ , мг/100г		Фосфатаза, мг/100г в час	
	ризосфера	почва	ризосфера	почва
Кукуруза	23,2	22,9	0,447	0,282
Подсолнечник	22,1	22,8	0,487	0,375
Пшеница	22,7	23,5	0,396	0,322
Ячмень	24,8	24,4	0,248	0,235
Овес	22,3	22,4	0,334	0,302
Залежь	26,1	24,4	0,595	0,525

В период активной фазы роста культурных растений обнаружено заметное повышение гидролитической активности, особенно под пропашными культурами (в 1,3 раза под подсолнечником и в 1,6 раза под кукурузой) и в меньшей степени под культурами сплошного посева. Нашими исследованиями не выявлено влияние ризосферного эффекта на содержание подвижного фосфора в черноземах опытного участка. Показана высокая степень обеспеченности черноземов выщелоченных подвижными фосфатами (по содержанию их в вытяжке Чирикова) для всех видов сельскохозяйственных культур –

более 20 мг Р₂О₅ на 100 г почвы, что объясняется систематическим внесением комплексного удобрения, содержащего фосфор.

Таким образом, не выявлено влияния ризосферного эффекта на основные показатели плодородия почв – содержание гумуса, сумму обменных кальция и магния, актуальную и гидролитическую кислотность, подвижного фосфора. Корневые системы продуцируют в окружающую среду биологически активные вещества – ферменты, в их числе и фосфотазы. Обнаружена их повышенная активность в ризосфере пропашных культур – кукурузы и подсолнечника и незначительная активность в ризосфере зерновых культур сплошного сева.

Библиографический список

1. Поляк Ю. М., Сухаревич В. И. Почвенные ферменты и загрязнение почв: биодegradация, биоремедиация, биоиндикация // Агрохимия. 2020. № 3. С. 83–93.
2. Йонко О. А., Королев В. А., Стахурлова Л. Д. Химический анализ почв. М. : Воронеж, 2010. 59 с.
3. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М. : Наука, 2005. 252 с.

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ТОКСИЧНОСТЬ И ГЕНОТОКСИЧНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

***М. В. Климова, Ш. К. Карчава, Т. Н. Ажогина, Л. Е. Хмелевцова,
И. С. Сазыкин***

*Южный федеральный университет,
mzhuravleva@sfedu.ru, skarchava@sfedu.ru, tazhogina@sfedu.ru,
lehmelevcova@sfedu.ru, issa@sfedu.ru*

В статье представлены результаты определения генотоксичности и интегральной токсичности сельскохозяйственных почв пос. Рассвет Ростовской области при помощи lux-биосенсора *E. coli* MG1655 (pAlkA-lux) и *Vibrio aquamarinus* ВКПМ В-11245. Показано, что наибольшей генотоксичностью и интегральной токсичностью обладали экстракты почв, в которые были внесены минеральные удобрения и пестициды.

Ключевые слова: почва, биотестирование, поллютанты, генотоксичность, lux-биосенсоры.

При возрастающих антропогенных нагрузках остро встает проблема экологической безопасности окружающей среды и безопасного природопользования. Антропогенному воздействию подвержена практически вся территория Ростовской области (Россия), что ведет к серьезным нарушениям почвенного покрова. Почва является важнейшим элементом биогеоценоза [1], который при этом способен аккумулировать различные загрязняющие компоненты. Токсичность почвы является отрицательным показателем почвенного плодородия и вызывается физиологически активными веществами различно-

го происхождения [2]. Разработка программ мониторинга химического загрязнения почв является актуальной задачей. Создание таких программ требует, прежде всего, правильной оценки современного состояния почв, испытывающих воздействие антропогенных загрязняющих веществ, т. е. организации системы наблюдений и оценки их состояния [3].

Целью работы являлось изучение генотоксичности и интегральной токсичности сельскохозяйственных почв пос. Рассвет Ростовской области методом биотестирования с использованием бактериальных люминесцентных биосенсоров.

Полевой эксперимент проводился с мая по июль 2021 г. в пос. Рассвет Ростовской области, Россия. На экспериментальном участке выращивали нут (*Cicer arietinum*) и горох (*Pisum sativum*) в 4-х вариантах обработок: контроль (без удобрений и пестицидов), только удобрения без пестицидов, только пестициды без удобрений, совместное применение удобрений и пестицидов. В качестве удобрений применяли азотно-фосфорно-калийные удобрения N15P15K15 (S10) и P40K40. Также вносились следующие препараты химической защиты растений: Эфория, Цериакс Плюс, Бенито, Фаскорд, Би-58.

Для оценки генотоксичности экстрактов почв был использован метод биотестирования с использованием бактериального lux-биосенсора *E. coli* MG1655 (pAlkA-lux). Данный метод позволяет быстро и эффективно оценивать присутствие ДНК-тропных веществ [4]. Мерой токсичности служил фактор индукции (I) – отношение биолюминесценции опытной пробы к биолюминесценции контрольной пробы. При достоверном отличии опыта от контроля $I < 2$ токсический эффект оценивали как «слабый», $2 \leq I \leq 10$ – «средний», $I > 10$ – «сильный». Для оценки интегральной токсичности использовался природный штамм *Vibrio aquamarinus* ВКПМ В-11245. Количественная оценка интегральной токсичности выражается в виде безразмерной величины – индекса токсичности «Т», равной отношению $T = 100 \cdot (I_o - I) / I_o$, где I_o и I , соответственно, интенсивность свечения контроля и опыта. Методика допускает три пороговых уровня индекса токсичности: допустимая степень токсичности $T < 20$, $20 \leq T \leq 50$. образец токсичен, $T \leq 50$ образец сильно токсичен.

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты.

Ответ штамма *E. coli* MG1655 (pAlkA-lux), реагирующего на присутствие ДНК-тропных веществ, колебался от среднего до сильного (рис.1). Так, почва под посевами гороха в контрольных делянках и делянках только с удобрениями, обладала средней токсичностью. В почвах, обработанных только пестицидами, наблюдался сильный токсический эффект. При этом в почве с внесением одновременно удобрений и пестицидов токсический эффект был несколько меньше, чем в почве делянок, обработанных только пестицидами, и оценивался как средний.

В делянках с посевами нута все зарегистрированные эффекты оценивались как средние. Но как видно из рисунка 1, в делянках с добавлением толь-

ко пестицидов токсический эффект самый высокий по сравнению с остальными.

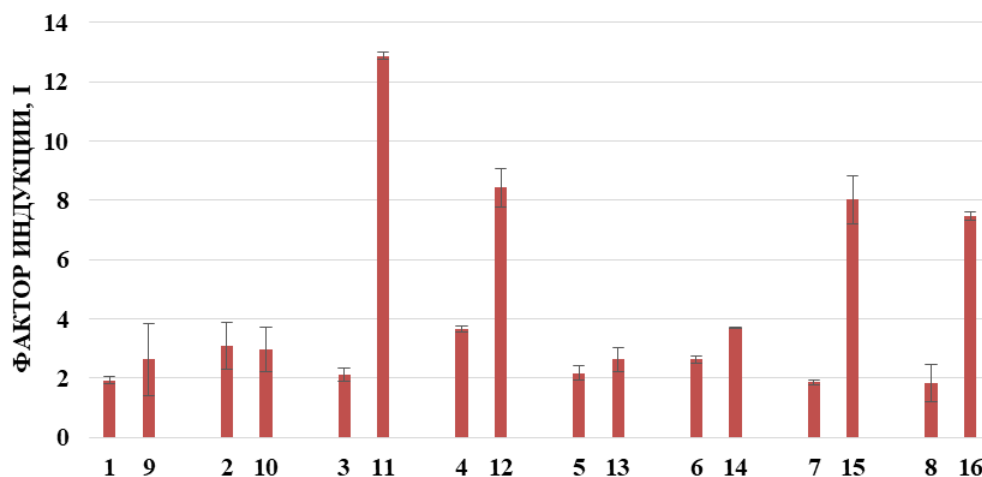


Рис. 1. Биолуминесцентный ответ штамма *E. coli* MG1655 (pAlkA-lux) при воздействии экстрактов проб почв: 1,9 – без внесения удобрений и пестицидов, горох (контроль); 2,10 – с внесением только удобрений, горох; 3, 11 – с внесением только пестицидов, горох; 4, 12 – с внесением удобрений и пестицидов, горох; 5,13 – без внесения удобрений и пестицидов, нут (контроль); 6,14 – с внесением только удобрений, нут; 7, 15 – с внесением только пестицидов, нут; 8, 16 – с внесением удобрений и пестицидов, нут

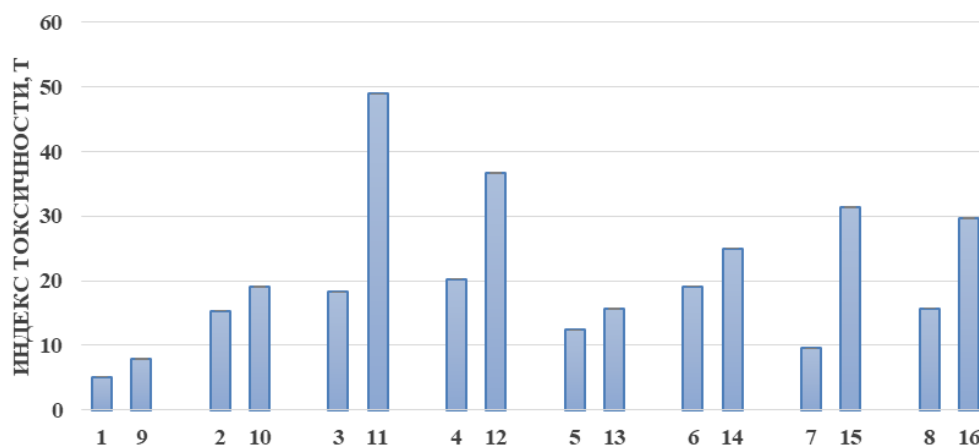


Рис. 2. Биолуминесцентный ответ штамма *Vibrio aquamarinus* ВКПМ В-11245 при воздействии экстрактов проб почв. 1,9 – без внесения удобрений и пестицидов, горох (контроль); 2,10 – с внесением только удобрений, горох; 3, 11 – с внесением только пестицидов, горох; 4, 12 – с внесением удобрений и пестицидов, горох; 5,13 – без внесения удобрений и пестицидов, нут (контроль); 6,14 – с внесением только удобрений, нут; 7, 15 – с внесением только пестицидов, нут; 8, 16 – с внесением удобрений и пестицидов, нут

В почвах под посевами гороха при отборе, произведенном до внесения пестицидов, был зафиксирован допустимый уровень интегральной токсично-

сти во всех делянках (рис. 2). При отборе проб после внесения пестицидов интегральная токсичность была обнаружена только в образцах, отобранных на делянках с добавлением пестицидов. Зафиксированная токсичность определялась как средняя, при этом в делянках с внесением только пестицидов эффект был выше, чем в делянках с внесенными в них удобрениями и с пестицидами.

На делянках с посевами нута наблюдалась аналогичная динамика. Токсичность почв в делянках с внесением только пестицидов и с совместным внесением удобрений и пестицидов, была меньше, чем на таких же делянках с горохом, и оценивалась как средняя.

Исходя из полученных данных можно предположить, что естественные микробиологические процессы, протекающие в почвах при выращивании сельскохозяйственных культур, особенно бобовых, могут способствовать самоочищению почвы. Также многочисленные исследования свидетельствуют о способности ряда растений сорбировать и аккумулировать токсические вещества из почвы и тем самым восстанавливать их плодородие [5]. Таким образом, сельскохозяйственные угодья, длительное время обрабатываемые пестицидами, нуждаются в постоянном мониторинге токсичности почв.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-76-10048, <https://rscf.ru/project/21-76-10048/> в Южном федеральном университете.

Библиографический список

1. Снетилова В. С. Экологическая оценка загрязнения почв тяжелыми металлами // Ростовский научный журнал. 2017. № 7. С. 93–101.
2. Ефремова Е. Н., Трофимова Т. А. Изменение биологической токсичности в результате различных приемов обработок почвы // Вестник Прикаспия. 2014. № 2 (5). С. 10–12.
3. Мониторинг сельскохозяйственных угодий после обработки пестицидами / Г. Г. Ягафарова, М. И. Маллябаева, Ч. И. Ибрагимова, Т. З. Забиров // Башкирский химический журнал. 2014. Т. 21. № 3. С. 99–103.
4. Biosensor-based comparison of the ecotoxicological contamination of the wastewaters of Southern Russia and Sourthern Germany / I. S. Sazykin, M. A. Sazykina, L. E. Khmelevtsova, E. A. Mirina, E. M. Kudeevskaya, E. A. Rogulin, A. V. Rakin // Int. J. Environ. Sci. Technol. 2016. Vol. 13(3). P. 945–954. doi: 10.1007/s13762-016-0936-0
5. Оценка агроэкосистем фитоиндикаторами / С. А. Бекузарова, М. В. Дзампаева, Ю. А. Гармаш, Ф. Х. Гуцаев // Вестник МАНЭБ. 2020. Т. 25. № 4–2. С. 25–31.

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ПОМОЩИ LUX-БИОСЕНСОРОВ

Ш. К. Карчава, М. В. Климова, М. И. Хаммами
*Южный федеральный университет,
skarchava@sfedu.ru, mzhuravleva@sfedu.ru, mars@sfedu.ru*

В статье представлен материал по оценке токсичности почв естественных и урбанизированных территорий Ростовской области (Россия), обусловленной присутствием прооксидантных веществ, при помощи lux-биосенсоров *E. coli* MG1655 (pSoxS-lux) и *E. coli* MG1655 (pKatG-lux). Проведенные исследования показали, что прооксидантный эффект наблюдался практически во всех исследуемых образцах, отобранных в различных сайтах антропогенно-измененных и естественных почв Ростовской области.

Ключевые слова: токсичность, прооксидантные вещества, антропогенно-измененные почвы, lux-биосенсоры.

В Ростовской области (Россия) очень высокий процент приходится на земли промышленного и сельскохозяйственного назначения, а также земли с высокой плотностью населенных пунктов [1]. Высокая нагрузка в сумме с традиционными методами интенсивной обработки почвы приводят к снижению запаса почвенного гумуса, уменьшению почвенно-биологической активности, эрозии, вплоть до деградации почвы, что является прямой причиной снижения урожайности. В настоящее время в сельском хозяйстве активно используется прямой посев (или No-till), т. е. полный отказ от любой обработки почвы [2]. Несмотря на различные меры, принятые для улучшения состояния и повышения плодородия почв, антропогенному воздействию подвержена практически вся территория области, что ведет к серьезным нарушениям почвенного покрова. Поэтому проблема мониторинга загрязнения почв Ростовской области является актуальной задачей. В условиях постоянного активного развития сельскохозяйственного производства, промышленности и урбанизации поддержание биопродуктивности почвенных ресурсов возможно только при хорошо налаженном экотоксикологическом мониторинге.

Учитывая все многообразие антропогенных поллютантов, а также скорость их трансформации в экосистемах, увеличиваются и требования к тест-системам, используемым для мониторинга загрязнения окружающей среды [3,4]. Целью работы стала оценка токсичности почв естественных и урбанизированных территорий Ростовской области, обусловленной присутствием прооксидантных веществ, с использованием бактериальных люминесцентных биосенсоров. Материалом для исследования служили образцы почв особо охраняемых природных территорий: Ботанический сад (пашня, залежь), пос. Персиановский (целина, пашня), сельскохозяйственные (с/х) земли с химиче-

ской нагрузкой в п. Рассвет Аксайского р-на (внесение гумата, средств химической защиты; внесение препарата «Био-Дон»), почвы с высокой антропогенной нагрузкой у озера Атаманское (4 сайта в различных местах озера), с/х почвы без обработки в пос. Песчанокопский (целина, вспашка, *No-till* 2–3 года, *No-till* 10 лет, минимальная обработка, предшественник лен). Для определения наличия токсических веществ, индуцирующих в клетке окислительный стресс, использовались биосенсоры *E. coli* MG 1655 (pKatG-lux) и *E. coli* MG 1655 (pSoxS-lux) [5].

Мерой токсичности служил фактор индукции (I), рассчитываемый как отношение билюминесценции опытной пробы к билюминесценции контрольной пробы. При достоверном отличии опыта от контроля $I < 2$, обнаруженный токсический эффект оценивался как «слабый». При $2 < I < 10$ – как «средний». При $I > 10$ – как «сильный».

Статистически значимый ответ *lux*-биосенсора *E. coli* MG 1655 (pSoxS-lux), реагирующего на повышение уровня супероксид-анион радикала в клетке, был обнаружен в 14 из 18 исследуемых образцов (рис.). Степень токсичности оценивалась как средняя.

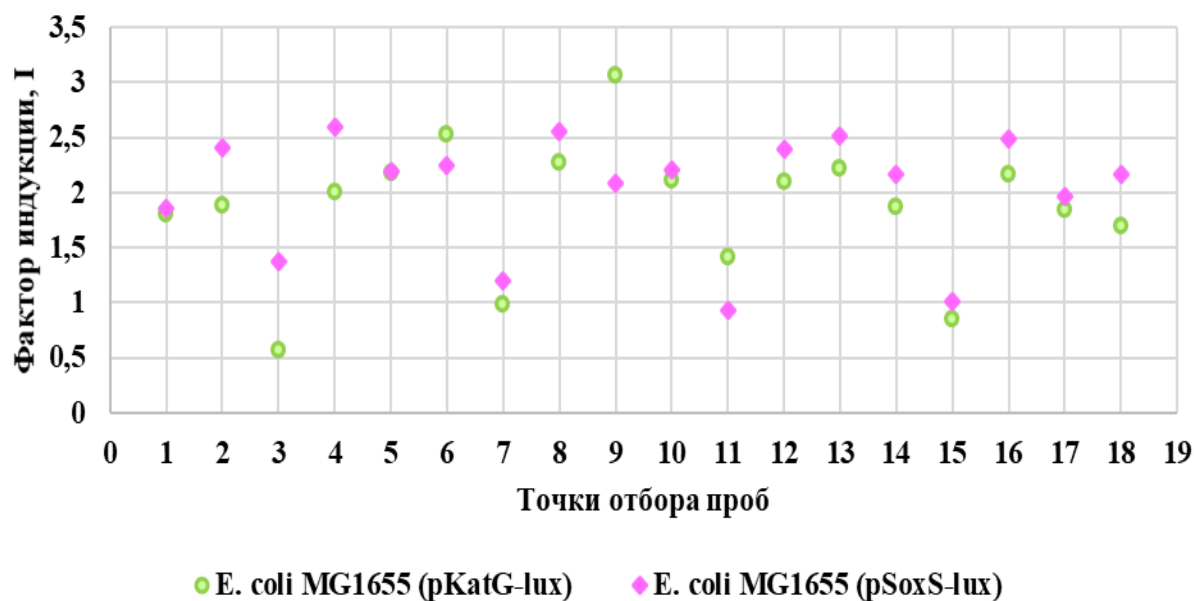


Рис. Билюминесцентный ответ штаммов *E. coli* MG 1655 (pSoxS-lux) и *E. coli* MG 1655 (pSoxS-lux) в присутствии экстрактов исследуемых почв: 1–2 – Ботсад (1 – пашня, 2 – залежь); 3–4 – п. Рассвет, Аксайского района (3 – контроль, 4 – с гуматом; 5 – с внесением химической защиты; 6 – с внесением «Био-Дон»); 7–8 – п. Персиановский (7 – целина, 8 – пашня); 9–12 – оз. Атаманское; 13–18 – ООО им. Кирова Песчанокопский (13 – целина, 14 – вспашка, 15 – *no-till* 2 года, 16 – *no-till* 11 лет; 17 – минимальная обработка, 18 – *no-till* 9 лет)

Максимальный токсический эффект был зарегистрирован в почвах, отобранных в п. Рассвет Аксайского р-на. Фактор индукции составил 2,59 в точке отбора с внесением гумата.

Статистически значимый биолуминесцентный ответ средней силы *lux*-биосенсора *E. coli* MG 1655 (pKatG-lux), реагирующего на повышение уровня органических перекисей в среде, был обнаружен в 14 из 18 исследуемых образцов (рис.). Максимальный фактор индукции составил 3,06 в точке отбора проб, расположенной у оз. Атаманское.

Результаты проведенного тестирования с помощью *lux*-биосенсоров *E. coli* MG 1655 (pKatG-lux) и *E. coli* MG 1655 (pSoxS-lux) показали, что уровень загрязнения исследованных почв примерно одинаков, несмотря на то, что для каждого исследуемого объекта характерны свои доминирующие токсичные вещества, обусловленные различной эксплуатацией изучаемых почв Ростовской области.

Исследование выполнено при финансовой поддержке министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания научной деятельности № 0852-2020-0029.

Библиографический список

1. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2009 году» / под ред. С. Г. Курдюмова, Г. И. Скрипки, М. В. Паращенко. Ростов н/Д.: Синтез технологий, 2010. 365 с.
2. Агроэкологическая оценка технологии No-till в условиях Белгородской области / С. Д. Лицуков, А. В. Ширяев, Л. Н. Кузнецова, С. А. Линков, А. Н. Сегидин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 9.
3. 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.
4. Оценка загрязнения донных отложений Нижнего Дона методами биотестирования и химического анализа / И. С. Сазыкина, И. С. Сазыкин, Л. Е. Хмелевцова, Е. Ю. Селиверстова, Ш. К. Карчава, М. В. Журавлева, Е. М. Кудеевская // Валеология. 2016. № 4. С. 5–12.
5. Biosensor-based comparison of the ecotoxicological contamination of the wastewaters of Southern Russia and Sourthern Germany / I. S. Sazykin, M. A. Sazykina, L. E. Khmelevtsova, E. A. Mirina, E. M. Kudееvskaya, E. A. Rogulin, A. V. Rakin // Int. J. Environ. Sci. Technol. 2016. Vol. 13(3). P. 945–954. doi: 10.1007/s13762-016-0936-0

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОЛОНГИРОВАННОГО КАРБАМИДО-ФОРМАЛЬДЕГИДНОГО УДОБРЕНИЯ И ОЦЕНКА ЕГО ВЛИЯНИЯ НА АКТИВНОСТЬ МИКРОФЛОРЫ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ УГЛЕВОДОРОДАМИ

Р. Ш. Набиуллин¹, Р. Х. Хузиахметов¹, С. В. Афанасьев², А. В. Сазанов³
¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет,
rustem.nabiullin.79@mail.ru
² ПАО «Тольяттиазот», svaf77@gmail.ru
³ Вятский государственный университет, awsz@gmail.ru

Представлены результаты исследований по получению карбамидо-формальдегидного удобрения (КФУ). Показано, что меняя соотношение

«карбамид:формальдегид» можно получить удобрение с регулируемой скоростью растворения гранул. При внесении КФУ в загрязненную углеводородами почву активность микрофлоры почвы была выше, а эффект биоремедиации больше.

Ключевые слова: карбамидо-формальдегидное удобрение, скорость растворения, влагопоглощение, н-тридекан, почвенные микроорганизмы, биодеградация углеводов.

Вынос азота из почв с урожаем различных культур достигает 100–150 кг/га (в зависимости от вида культур и их урожайности) и его восполнение осуществляется, в основном, внесением минеральных удобрений. Естественное пополнение запасов азота в почве происходит также в результате азотфиксирующей деятельности почвенных микроорганизмов и с атмосферными осадками.

Внесение в почву значительных количеств минеральных удобрений приводит к серьезным экологическим проблемам, основными из которых являются:

- закисление почв (в настоящее время ~ 50% пашни кислые, т.к. основные виды азотных и фосфорных удобрений являются кислыми);
- загрязнение питьевой воды, поскольку азотные удобрения быстро вымываются из-за их хорошей растворимости (карбамид – 101 г /100 г воды, аммиачная селитра (АС) – 192 г /100 г воды);
- эвтрофикация наземных водных бассейнов.

Учитывая вышесказанное (а также наличие естественного круговорота азота в природе), сторонники «зеленой» технологии призывают резко уменьшить использование, в первую очередь, азотных удобрений (вплоть до полного отказа от них).

В настоящее время спрос в мире на пролонгированные (или стабилизируемые) удобрения относительно небольшой (~ 9 млн т д.в. или ~ 5% мирового потребления), однако интерес аграриев к ним непрерывно растет [1–3].

Технология производства КФУ путем взаимодействия карбамида (Кмд) с раствором формальдегида (Фгд) является наиболее изученным направлением получения пролонгированного азотного удобрения. В работах отечественных и зарубежных исследователей показано его положительное влияние на развитие как зерновых, так и кормовых и технических культур (пшеница, рапс, суданская трава, хлопок и др.). В наших опытах установлено также, что при использовании КФУ содержание нитратов в зеленых кормах значительно меньше, чем при внесении аммиачной селитры и карбамида [4].

Несмотря на это, производство пролонгированных азотных удобрений в промышленных масштабах отсутствует. Среди основных причин можно назвать консерватизм мышления, отсутствие прочной доказательной базы эффективности новых удобрений в реальных погодно-климатических условиях того или иного региона и некоторые другие. В случае КФУ аграрии опасаются

ются также, что используемый для его производства высокоопасный для человека формалин (2 класс опасности) в почве может отрицательно влиять на почвенную микрофлору.

Целью данной работы была разработка способа получения КФУ с регулируемой скоростью растворения и оценка его влияния на биологическую активность микрофлоры почвы, характерной для Республики Татарстана (чернозем и загрязненный углеводородами чернозем).

Образцы КФУ получали путем смешения раствора карбамида с формалином – Ф (37% раствор формальдегида) по схеме, представленной на рисунке.

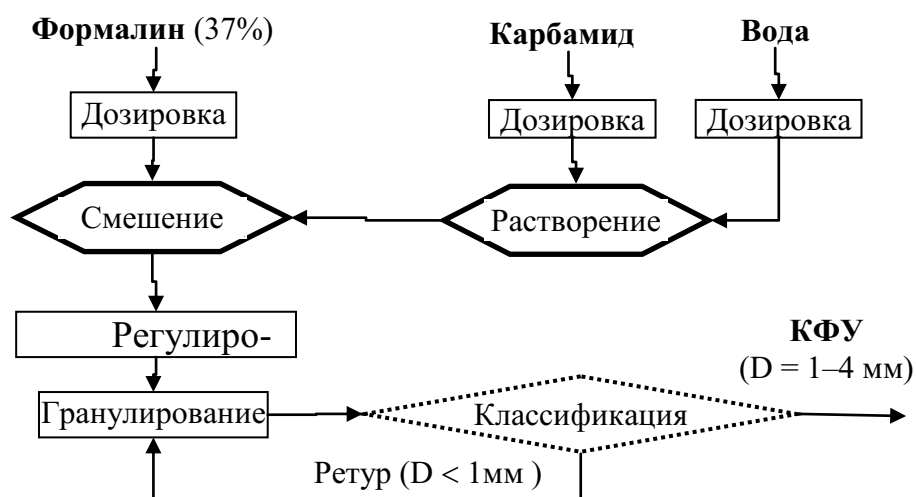


Рис. Блок-схема получения КФУ

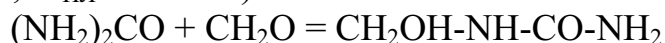
Смесь нагревали, выдерживали для удаления избыточной свободной влаги, а образовавшуюся густую массу гранулировали экструзией в процессе ее затвердевания. Содержание азота в КФУ и его основные физико-механические свойства (продолжительность растворения гранул, влагопоглощение) определяли стандартными методами [4].

Опыты по оценке активности почвенных микроорганизмов при внесении в почву КФУ (а также Кмд и АС – для сравнения) проводили в лабораторных условиях по методике, подробно описанной нами в работе [5]. При этом исходную почву (выщелоченный чернозем) загрязняли н-тридеканом (типичный представитель дизельного топлива) в количестве 2 мас. % (средняя степень загрязнения почвы). В почву вносили один из образцов КФУ (N = 39%), а также карбамид и аммиачную селитру. Численность углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) в почве определяли через 3 и 6 недель (количество микроорганизмов выражали как число колониеобразующих единиц – КОЕ). Остаточное содержание н-тридекана ($C_{OУВ}$, г/100 г почвы) определяли методом газовой хроматографии.

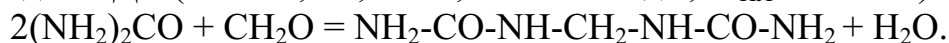
Физико-химические основы получения КФУ были разработаны еще в 80–90 гг. 20 века [3]. Составы КФУ достаточно сложны и подробно описаны в работах [1, 2]. В зависимости от условий взаимодействия карбамида с формалином (рН, температура, катализатор и т.д.) образуются различные соеди-

нения (или их смеси), значительно отличающиеся по растворимости (Р, г/100 г воды).

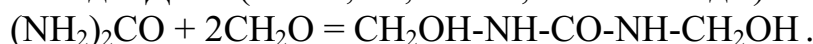
При стехиометрическом соотношении «Кмд : Фгд» = 1:1 моль конечным продуктом является монометилолкарбамид – ММК (N=31,1%, Р = 40 г/100 г воды, T_{пл} = 111 °С):



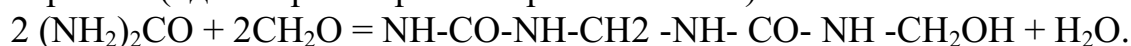
При избытке карбамида («Кмд : Фгд» = 2:1 моль) образуется метилендикарбамид – МДК (N = 42,4%, Р = 1,3 г/100 г воды, T_{пл} = 218 °С):



В случае «Кмд : Фгд» = 1:2 моль конечный продукт представляет собой диметилолкарбамид – ДМК (N= 23,3%, Р = 13,6 г/100 г воды):



Образующийся при соотношении «Кмд : Фгд» = 2:2 моль метилолметилендикарбамид – ММДК (N = 34,6%) при нормальных условиях в воде не растворяется (однако растворяется при кипячении):



По данным [2] скорости этих реакций в значительной степени определяются величиной рН и минимальны при рН~7 (с увеличением и уменьшением рН константы скорости возрастают). Указывается, что гидроксиметилльные производные претерпевают дальнейшие превращения и при рН < 7 начинается реакция поликонденсации, приводящая к образованию карбамидоформальдегидной смолы. Благодаря реакциям гидроксиметильных групп с аминогруппами с образованием метиленовых групп (а также реакциям гидроксиметильных групп между собой, приводящим к образованию метиленэфирных групп), наблюдается рост цепи олигомера.

Приводимые в литературе составы КФУ представляют собой преимущественно смесь «Кмд : ММК» ~ (70–30)%:(30–70)% (суммарное содержание N ~ 35–40%), получаемую при соотношении «Кмд : Фгд» = 1:(0,2÷0,6) моль. Составы КФУ, рассчитанные на получение ММК при «Кмд : Фгд» = 1:(0,2÷1) моль и МДК (при «Кмд:Фгд» = 2:1 моль), представлены в таблице 1.

Таблица 1

Составы КФУ при различных мольных соотношениях Кмд : Фгд

(N_(цп) – азот целевого продукта – ММК или МДК, N_(Кмд) – азот Кмд)

Условия получения		Сырье, г		Состав КФУ, % / (мас.)				
Целевой продукт	Кмд:Фгд, моль	Кмд	Ф	ММК	Кмд	МДК	N _(цп) :N _(Кмд)	Сумма N
ММК	1:0,2	60	16,2	27,3	72,7	–	8,5:34 (1:4 мас.)	42,5
	1:0,4	60	32,4	50	50	–	15,6: 23,4 (1:1,5 мас.)	39
	1:0,6	60	48,6	69,2	30,8	–	21,5:14,4 (1:0,67 мас.)	35,9
	1:1	60	81,1	100	0	–	31,1:0	31,1
МДК	2:1	120	81,1	–	0	100	42,4:0	42,4

Следует подчеркнуть, что расчетные составы КФУ по содержанию азота не всегда совпадают с экспериментальными. Это связано с тем, что в системе «Кмд–Фгд–вода» указанные выше реакции могут протекать параллельно

но, следовательно, конечный продукт представляет собой смесь ММК+ДМК+МДК+.... . Качество КФУ, наряду с общим содержанием азота, оценивают по «индексу усвояемости» (отношение азота, растворимого при кипячении, к нерастворимому при 20 °С азоту) [3]. Скорость растворения гранул КФУ можно оценить также экспресс-методом по уменьшению их массы при орошении водой ($V_{H_2O} = 2-5$ мл / мин). Продолжительность растворения и влагопоглощение КФУ (гранулы $d = 2-2,5$ мм) при различной относительной влажности воздуха ($W, \%$) представлены в таблице 2.

Таблица 2

Скорость растворения и влагопоглощение гранул КФУ
($V_{H_2O} = 2$ мл / мин, $\tau_{0,5}$ и $\tau_{0,9}$ – убыль массы гранул на 50% и 90%)

Удобрение	Время растворения гранул, мин		Влагопоглощение (1 месяц)	
	$\tau_{0,5}$	$\tau_{0,9}$	при $W = 60\%$	при $W = 80\%$
Карбамид	2	5	5	39
КФУ-1 (N = 44 %)	10	19	2	11
КФУ-2 (N = 42 %)	14	40	3	15
КФУ-3 (N = 40 %)	40	78	–	–

Как видно из таблицы 2, при данной скорости орошения водой гранулы карбамида полностью растворяются в течение ~5 мин, а скорость растворения гранул КФУ меньше в 5–15 раз. Влагопоглощение КФУ, по сравнению с карбамидом, значительно меньше.

На следующем этапе работ были проведены исследования по оценке влияния КФУ на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов. При этом изучали почвенное дыхание, количество почвенных микроорганизмов, а также эффект биоразложения углеводорода-загрязнителя почвы.

Известно, что углеводороды могут не только угнетать, но и стимулировать развитие почвенных микроорганизмов (в зависимости от состава углеводородной смеси, количества, продолжительности воздействия), т.к. они являются источником углерода для УОМ.

Внесение азотных удобрений в исходную почву способствует лишь небольшому увеличению количества УОМ (табл. 3).

Таблица 3

Численность УОМ в почве и остаточное содержание углеводородов
(исходная $C_{ув} = 2$ г/100 г почвы, продолжительность опыта – 2 месяца)

Удобрение	КОЕ · 10 ⁵ /кг абс. сух. почвы		$C_{ув}$, г/100 г почвы
	0 % н-тридекан	2 % н-тридекан	
–	20	110	1,82
Аммиачная селитра	30	300	1,11
Карбамид	32	550	0,96
КФУ-3 (N = 40 %)	32	590	0,79

При внесении азотных удобрений возрастает количество доступного для почвенных микроорганизмов азота и, следовательно, отсутствует необходимость извлечения его из почвы. В случае загрязненной почвы в присут-

ствии азотных удобрений наблюдается скачок роста количества УОМ (в 5–6 раз относительно контроля). Скорость биodeградации с течением времени в контрольном опыте незначительная, при наличии удобрений она существенно увеличивается. Остаточное содержание углеводов при внесении КФУ минимально относительно карбамида и аммиачной селитры (т. к. из-за хорошей растворимости этих удобрений значительная часть азота быстро уходит в нижние почвенные горизонты).

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- изменяя соотношение «карбамид : формальдегид» можно получить карбамидо-формальдегидное удобрение с регулируемой скоростью растворения гранул;
- при внесении в почву КФУ, как и промышленные азотные удобрения (АС и карбамид), способствует значительному увеличению численности УОМ;
- в случае применения КФУ в загрязненной углеводородами почве (н-тридекан 2%) наблюдается более высокая скорость биodeградации загрязнителя.

Библиографический список

1. Афанасьев С. В., Шевченко Ю. Н., Кравцова М. В. Азотные удобрения пролонгированного действия // Химическая техника. 2017. № 9. С. 33–35.
2. Афанасьев С. В., Махлай С. В. Карбамидоформальдегидный концентрат. Технология. Переработка. Самара : Изд-во СНЦ РАН, 2012. 298 с.
3. Синолицкий В. Г. Разработка безотходной технологии мочевино-формальдегидного удобрения : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.01. Ташкент, 1985. 18 с.
4. Способ возделывания кормовых культур и медленнорастворимое азотное удобрение для его осуществления. Пат. № 2457666 РФ / А. М. Сабилов, Р. Х. Хузиахметов. Заявка № 2010200514 от 10.01.2010.
5. Влияние формы азотных удобрений на активность микрофлоры загрязненной почвы и степень биodeградации углеводов / Р. Х. Хузиахметов, А. Ф. Халилова, А. П. Денисова, Д. Р. Мухаметшина, И. П. Бреус // Вестник Казанского технол. университета, 2012. Т. 15. № 19. С. 130–133.

ВЛИЯНИЕ ГЛАУКОНИТСОДЕРЖАЩИХ МЕЛИОРАНТОВ НА ПОДВИЖНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОТХОДАМИ ЖИВОТНОВОДСТВА

*М. В. Мартынов¹, Н. В. Сырчина¹, Л. В. Пилип²,
В. Н. Кулаков¹, Д. А. Кузнецов¹*

¹ *Вятский государственный университет, mikhailmartynov98@gmail.com*

² *Вятский государственный агротехнологический университет,
pilip_larisa@mail.ru*

В публикации отражено влияние извести и глауконитсодержащих хвостов обогащения фосфоритов на подвижность тяжелых металлов в почвах, загрязненных отходами животноводства. Глауконитсодержащие хвосты обогащения фосфоритов могут найти применение в качестве эффективных мелиорантов для реабилитации загрязненных никелем почв. Эффект от внесения соответствующих материалов в почву выше, чем эффект от внесения извести.

Ключевые слова: хвосты обогащения фосфоритов, никель, тяжелые металлы, реабилитация почв.

Функционирование современного высокопродуктивного животноводства приводит к образованию большого количества отходов (навоза, навозных стоков), содержащих широкий спектр разнообразных химических соединений, представляющих опасность для окружающей среды. К числу экологически опасных компонентов биогенных отходов относятся тяжелые металлы (ТМ), входящие в состав кормов и минеральных добавок для животных [1, 2]. В настоящее время в рацион сельскохозяйственных животных активно включают добавки Co, Mn, Zn, Cu и некоторых других элементов, способствующих улучшению обмена веществ и повышению продуктивности скота и птицы [3]. В составе навоза и навозных стоков (НС) ТМ попадают в почву, причем наибольшую экологическую нагрузку в этом отношении испытывают пахотные земли, расположенные в непосредственной близости от животноводческих предприятий. НС содержат не только ТМ, но и различные органические вещества, образующие с катионами металлов легкоподвижные соединения, нарушая таким образом естественные процессы иммобилизации экотоксикантов в почве [4, 5]. Для снижения биодоступности ТМ чаще всего используют прием известкования, способствующий образованию малорастворимых соединений металлов, а также сорбции катионов ТМ на гидратах оксидов железа и марганца. К существенному снижению подвижности ТМ может привести внесение натуральных сорбентов, к числу которых относятся глаукониты [6, 7].

Цель настоящей работы состояла в сравнительном изучении влияния извести и глауконитсодержащих хвостов обогащения фосфоритов на подвижность тяжелых металлов в почвах, загрязненных отходами животноводства.

Образцы почвы для выполнения исследований отбирали на пахотных полях, расположенных вблизи очистных сооружений крупных животноводческих предприятий Кировской области: молочной фермы (опыт 1) и свиноводческого комплекса (опыт 2), а также на территориях, не затронутых хозяйственной деятельностью (контроль 1 и контроль 2). Образцы почвы опытных групп на протяжении последних 6-и лет удобряли обеззараженными НС, откачиваемыми из лагун.

Пробы почвы отбирали тростевым буром согласно ГОСТ Р 58586-2019. На основе точечных проб были составлены 4 объединенные пробы: опыт 1; опыт 2; контроль 1; контроль 2.

Хвосты обогащения фосфоритов (эфель) отбирали на территории хвостохранилища Верхнекамского фосфоритного рудника с глубины 5-20 см. Согласно опубликованным данным, как хвосты обогащения, так и входящий в их состав глауконит, являются ценными агрохимическими материалами, пригодными для использования в качестве удобрений и мелиорантов [8–10]. Образцы эфеля представляли собой сыпучий мелкозернистый материал зеленовато-серого цвета. Размер зерен ≤ 1 мм. Основные компоненты эфеля: глауконит ($68,5 \pm 3,5$ % масс.), фосфориты мелких фракций, кварц, известковые и глинистые материалы. Содержание P_2O_5 – $6,0 \pm 0,5$; K_2O – $3,1 \pm 0,7$; карбонаты (в пересчете на $CaCO_3$) – $3,8 \pm 0,9$ %. Насыпная плотность – $1,41$ г/см³.

Влияние эфеля на подвижность ТМ может быть обусловлено следующими факторами:

- образованием малорастворимых соединений при повышении рН почвенного раствора за счет известковых компонентов эфеля;
- образованием малорастворимых фосфатов;
- адсорбцией катионов ТМ на отрицательно заряженной поверхности глауконитов;
- характерными для глауконитов ионообменными процессами связывания катионов.

Мелиорирующие добавки ($CaCO_3$ (известняк) и эфель) вносили в воздушно-сухие образцы объединенных проб почвы в дозировке 1 г/кг. Почву с добавками перемешивали, помещали в пластиковые контейнеры, увлажняли деионизированной водой до влажности 60% и накрывали микроперфорированной полипропиленовой пленкой. В течение эксперимента контейнеры с образцами почвы выдерживали при температуре 22 ± 2 °С в условиях естественного освещения. Содержание в почве ТМ определяли атомно-абсорбционным методом с помощью спектрометра ААС «Спектр-5-4» через 7 дней после внесения добавок.

Все исследования выполняли в 3-х повторностях, полученные результаты статистически обрабатывали в программе Microsoft Excel. Статистическую значимость различий средних величин оценивали по t-критерию Стьюдента.

Результаты химического анализа объединенных проб приведены в таблице 1.

Таблица 1

Состав и свойства почвы, используемой для выполнения исследований

Показатели	Значения				Метод анализа
	опыт 1	контроль 1	опыт 2	контроль 2	
pH _{KCl} , ед. pH	6,7±0,1	5,3±0,1	4,8±0,1	4,2±0,1	Ионометрический по ГОСТ Р 58594-2019
Органическое вещество, %	6,6±1,3	2,5±0,5	4,5±0,9	2,3±0,5	Метод Тюрина в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26213-91
Фосфор подвижный (P ₂ O ₅), мг/кг	656,0 ±98,4	210,1 ±31,5	490,1 ±73,5	195,3 ±29,3	Фотометрический по ГОСТ Р 54650-2011
Калий подвижный (K ₂ O), мг/кг	332,8 ±49,9	122,0 ±18,3	459,6 ±68,9	131,6 ±19,7	
Механический состав почвы	суглинистые				По Н. А. Качинскому мокрым методом (метод скатывания)

Согласно приведенным в таблице 1 данным, образцы почвы, отобранные с полей, в которые вносили НС (опыт 1 и опыт 2), характеризовались более высокими значениями pH_{KCl}, повышенным содержанием органического вещества, подвижного фосфора и калия по сравнению с территориями, не затронутыми хозяйственной деятельностью.

В таблицах приведены результаты эксперимента, характеризующие влияние известняка и эфеля на обменную кислотность (табл. 2) и содержание подвижных форм ТМ (табл. 3–7) в отобранных образцах почвы. Статистически значимые отличия между вариантами без добавок и с добавками выделены жирным шрифтом.

Таблица 2

Влияние мелиорирующих добавок на обменную кислотность почвы

Вариант эксперимента	pH _{KCl} , ед. pH		
	без добавок	добавка эфеля	добавка CaCO ₃
Опыт 1	6,7±0,1	6,8±0,1	6,9±0,2
Контроль 1	5,3±0,1	5,5±0,2	5,6±0,2
Опыт 2	4,8±0,1	4,9±0,2	5,2±0,1
Контроль 2	4,2±0,1	4,4±0,2	4,9±0,2

Таблица 3

Влияние мелиорирующих добавок на содержание подвижной меди

Вариант эксперимента	Содержание подвижной меди, мг/кг		
	без добавок	добавка эфеля	добавка CaCO ₃
Опыт 1	0,075±0,017	0,129±0,036	0,210±0,059
Контроль 1	1,192±0,270	1,250±0,350	1,290±0,360
Опыт 2	0,474±0,109	0,395±0,111	0,352±0,099
Контроль 2	1,796±0,413	2,110±0,590	2,071±0,521

Таблица 4

Влияние мелиорирующих добавок на содержание подвижного цинка

Вариант эксперимента	Содержание подвижного цинка, мг/кг		
	без добавок	добавка эфеля	добавка CaCO ₃
Опыт 1	5,32±1,76	9,26±3,06	6,14±2,024
Контроль 1	5,40±1,78	6,59±2,17	3,24±1,07
Опыт 2	8,08±2,67	8,74±2,18	12,71±4,18
Контроль 2	8,48±2,12	11,61±3,83	11,42±3,76

Таблица 5

Влияние мелиорирующих добавок на содержание подвижного свинца

Вариант эксперимента	Содержание подвижного свинца, мг/кг		
	без добавок	добавка эфеля	добавка CaCO ₃
Опыт 1	1,13±0,14	0,73±0,18	1,11±0,28
Контроль 1	0,91±0,11	1,08±0,27	0,68±0,17
Опыт 2	0,66±0,16	0,50±0,13	0,83±0,22
Контроль 2	1,11±0,28	0,56±0,14	0,43±0,11

Таблица 6

Влияние мелиорирующих добавок на содержание подвижного кадмия

Вариант эксперимента	Содержание подвижного кадмия, мг/кг		
	без добавок	добавка эфеля	добавка CaCO ₃
Опыт 1	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения	0,12±0,04
Контроль 1	0,07±0,02	0,07±0,02	0,05±0,02
Опыт 2	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения	0,06±0,02
Контроль 2	0,02±0,00	0,06±0,02	0,07±0,02

Таблица 7

Влияние мелиорирующих добавок на содержание подвижного никеля

Варианты эксперимента	Содержание подвижного никеля, мг/кг		
	без добавок	добавка эфеля	добавка CaCO ₃
Опыт 1	0,46±0,19	0,08±0,03	0,63±0,26
Контроль 1	0,76±0,15	0,34±0,07	0,64±0,27
Опыт 2	0,43±0,18	0,04±0,02	0,36±0,15
Контроль 2	0,24±0,09	0,12±0,02	0,21±0,09

Согласно полученным результатам, внесение известняка в образцы кислой почвы привело к более значительному увеличению pH, чем внесение эфеля. Содержание подвижных форм Cu, Zn, Pb под влиянием мелиорирующих добавок в разных образцах почвы изменилось неоднозначно. Соответствующий факт свидетельствует о том, что внесение известковых материалов и натуральных сорбентов в почву может привести не только к иммобилизации ТМ, но и к противоположному эффекту. Особую опасность представляет увеличение подвижности Cd, которое наблюдалась в большинстве вариантов под влиянием добавок известняка и эфеля (таблица 6). На подвижность Cd

существенное влияние могло оказать внесение в почву кальцийсодержащих мелиорантов. Известно, что ионы Ca^{2+} способны вытеснять адсорбированные катионы Cd^{2+} с поверхности твердой фазы в раствор [11].

Однозначный мелиорирующий эффект для почв установлен для эфеля по отношению к Ni. Во всех образцах почвы наблюдалось снижение содержания этого элемента при внесении глауконитсодержащих хвостов обогащения фосфоритов, что хорошо согласуется с результатами других исследований [12]. В настоящее время для реабилитации Ni-загрязненных почв используется прием известкования.

Полученные в рамках настоящей работы данные свидетельствуют о том, что внесение эфеля обеспечивает более надежный результат, чем внесение известняка. По отношению к другим ТМ внесение эфеля обеспечивает эффект аналогичный эффекту известкования.

Библиографический список

1. Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Промышленные свинокомплексы как источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами // Известия Коми научного центра УрО РАН. Серия «Экспериментальная биология и экология». 2021. № 5(51). С. 88–91.
2. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Влияние навозных стоков свиноферм на содержание тяжелых металлов в почве // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2021. С. 429–432.
3. Герман Н. В. Эффективность использования солей микроэлементов и витаминов в рационах питания крупного рогатого скота // АВУ. 2011. № 9. С. 26–28.
4. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Трансформация химического состава агроземов под влиянием обезвреженных навозных стоков свиноводческих предприятий // Проблемы агрохимии и экологии – от плодородия к качеству почвы : материалы Всерос. науч. конф. М., 2021. С. 164–167.
5. Маркина Е. О., Григорьев В. В., Сырчина Н. В. Влияние различных добавок на подвижность тяжелых металлов в почвах // Экология родного края: проблемы и пути решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2016. С. 87–90.
6. Влияние глауконитсодержащих отходов обогащения фосфоритов на подвижность тяжелых металлов в почвах / К. И. Южанин, Н. В. Сырчина, В. Н. Кулаков, Н. Н. Иванова // Технологии переработки отходов с получением новой продукции: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: ВятГУ, 2021. С. 55–59.
7. Применение глауконитсодержащих хвостов обогащения фосфоритов для ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами / В. Н. Кулаков, К. И. Южанин, Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина // Технологии переработки отходов с получением новой продукции : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2021. С. 94–98.
8. Хвосты обогащения фосфоритов Вятско-Камского месторождения как вторичные материальные ресурсы для производства натуральных удобрений / Н. В. Сырчина, Н. Н. Богатырева, Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 102–106. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-102-106.
9. Оптимизация состава удобрений на основе молотых фосфоритов / Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Богатырева, Г. Я. Кантор // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 60. № 12. С. 133–139.

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

11. Сладкова Н. А. Распределение цинка и кадмия в системе торфяная почва–растение под влиянием фосфорных и калийных удобрений : дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2016. 187 с.

12. Перспективы использования глауконитсодержащих хвостов обогащения фосфоритов для снижения подвижности никеля в почвах / Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор, С. Г. Скугорева // Известия Коми научного центра УрО РАН. Серия «Экспериментальная биология и экология». 2021. № 5(51). С. 92–96.

ВНЕСЕНИЕ ДРЕВЕСНОЙ ЗОЛЫ В ПОЧВУ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Г. В. Седукова, М. И. Автушко, С. А. Исаченко, Е. А. Тимченко
Институт радиобиологии НАН Беларуси, lenatimchenko@yandex.by

В статье представлено описание древесной золы как средства, снижающего биологическую доступность ^{90}Sr для сельскохозяйственных растений, возделываемых на загрязненной радионуклидами дерново-подзолистой почве.

Ключевые слова: древесная зола, дерново-подзолистая почва, продукция растениеводства, биодоступность ^{90}Sr .

Получение на территории радиоактивного загрязнения продуктов питания, отвечающих требованиям безопасности – вопрос, требующий постоянного внимания и контроля. Для уменьшения поступления ^{90}Sr в растениеводческую продукцию применяются различные способы химической мелиорации почвы с применением средств, ограничивающих подвижность радионуклида в почвенной среде и способствующих снижению его поступления в растения. Наиболее широко используемым способом является известкование почвы с применением, преимущественно, доломитовой муки. При известковании в почве увеличивается концентрация обменных катионов кальция и магния, являющихся конкурентами катионов ^{90}Sr в корневом питании растений [1].

Однако при избыточном внесении мелиоранта в почве наблюдается снижение содержания подвижных форм большинства элементов питания растений, в том числе, и одного из основных элементов – калия [2], а, следовательно, снижение их биологической доступности. На загрязненных радионуклидами землях это приводит к увеличению поглощения растениями ^{137}Cs , являющегося химическим аналогом калия и его конкурентом в корневом питании растений. В этой связи при ведении сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения рекомендуется одновременно с известкованием почвы вносить дополнительное количество калийных удобрений [3]. Но при внесении в почву хлористого калия (KCl), содержащего более 47 масс. % хлора, в почвенной среде образуется активный анион хлора

(Cl⁻), способствующий резкому возрастанию подвижности и биологической доступности ⁹⁰Sr. В естественных условиях катионы ⁹⁰Sr²⁺ в почвенном растворе связываются преимущественно с карбонат- или сульфат-ионами. Растворимость в воде карбоната и сульфата стронция (SrCO₃ и SrSO₄) чрезвычайно низкая (0,011 и 0,132 г/л соответственно) [4], поэтому содержание ⁹⁰Sr в почвенном растворе снижается и, соответственно, его поступление в растения уменьшается. При образовании в почвенном растворе активных анионов хлора (Cl⁻) катионы стронция (Sr²⁺) образуют с ними химическое соединение, характеризующееся степенью диссоциации, во много раз превышающей таковую у карбоната и сульфата стронция. Повышение растворимости (и, следовательно, миграционной способности в почве) ассоциатов стронция с хлорид-ионом, которые формируются в почвенном растворе при внесении хлорсодержащей калийной соли, по сравнению с ассоциатами с карбонат-ионами и сульфат-ионами способствует увеличению подвижности и биологической доступности этого радионуклида в почве.

В результате проведения исследований по изучению влияния древесной золы на поступление ⁹⁰Sr из дерново-подзолистой почвы в продукцию овощных культур Институтом радиобиологии НАН Беларуси разработан и запатентован способ снижения накопления стронция-90 растениями [5].

В качестве средства, снижающего биологическую доступность радионуклида, используется древесная зола, представляющая собой смесь карбонатных, сульфатных и фосфатных соединений ряда биофильных элементов (преимущественно кальция, калия, магния, натрия, а также многих микроэлементов). В золе отсутствуют хлор и азот, поскольку при сгорании древесины эти элементы образуют летучие соединения, которые удаляются из зоны горения с восходящим потоком газов.

Как правило, зола рекомендуется к применению в качестве комплексного удобрения и мелиоранта при возделывании сельскохозяйственных культур, но применение ее как средства, способствующего снижению биологической доступности ⁹⁰Sr для растений, до настоящего времени не было исследовано.

В результате наших исследований установлено, что при внесении в почву золы физико-химическая подвижность и биологическая доступность находящегося в почве ⁹⁰Sr снижается. Это обусловлено тем, что легкорастворимые карбонаты, сульфаты и фосфаты калия и натрия, составляющие существенную часть вносимого в почву зольного вещества, поставляют в почвенную среду дополнительное количество подвижных анионов CO₃²⁻, SO₄²⁻ и PO₄³⁻. Поступая в почвенный раствор, эти анионы связывают катионы ⁹⁰Sr²⁺, находившиеся в почве в доступных для растений формах, в форму карбонатов, сульфатов или фосфатов, которые весьма слабо растворимы в воде и в обычных физико-химических условиях практически инертны. Вследствие этого возможность участия ионов ⁹⁰Sr²⁺ в процессах ионного обмена, которые лежат в основе поглощения ионов корнем растения, резко ограничивается, и биологическая доступность радионуклида снижается.

Результаты применения золы как средства, снижающего биологическую доступность ^{90}Sr , отражены в таблицах 1–3. В таблице 1 представлены формы нахождения радионуклида в золе и в почве вегетационного эксперимента, проводившегося в рамках научных исследований. При возделывании репчатого лука на дерново-подзолистой автоморфной рыхлой супесчаной почве с удельной активностью ^{90}Sr $35,8 \pm 5,4$ Бк/кг в почву вносилась древесная зола, удельная активность ^{90}Sr в которой находилась на уровне 1032 ± 162 Бк/кг.

Таблица 1

Формы нахождения ^{90}Sr в золе и в почве вегетационного эксперимента, %

Форма нахождения (реактив экстрагирования)	Зола	Почва (контроль)	Почва + Зола
Водорастворимая (H_2O)	1,1	2,8	2,8
Обменная ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$)	3,0	60,5	54,7
Кислоторастворимая (1н HCl)	85,8	33,4	38,8
Фиксированная (6н HCl)	10,1	3,3	3,7

Схема вегетационного эксперимента включала контрольный вариант (почва без внесения золы) и вариант с внесением золы. Повторность эксперимента трехкратная. Установлено, что в золе основная доля ^{90}Sr (более 95%) находится в малоподвижных кислоторастворимых формах, а доля наиболее подвижных форм (водорастворимая + обменная) в сумме составляет немногим более 4%. В почве же содержание кислоторастворимых форм составляет всего лишь 37%, а основная часть радионуклида (63%) находится в составе водорастворимой и обменной форм. При внесении золы количественные соотношения форм ^{90}Sr в почве существенно изменились.

Водорастворимую форму радионуклида в почве изменения практически не затрагивают, но происходит перераспределение обменной и кислоторастворимой форм. Отметим, что доза внесения золы устанавливалась из расчета $0,5 \text{ кг/м}^2$ (в соответствии с технологией возделывания культуры) и составила 31,3 г на вегетационный сосуд емкостью 10 л (всего лишь 0,313% от массы почвы в сосуде), однако, при этом содержание обменной формы ^{90}Sr в почве уменьшилось на 10,6%, а содержание малоподвижных кислоторастворимых форм увеличилось на 16%.

Таким образом, внесение золы способствовало снижению содержания биологически доступных форм ^{90}Sr в почве и, несмотря на то, что ^{90}Sr содержался в самой вносимой в почву золе, привело к снижению коэффициента накопления (Кн) и содержания радионуклида в растениеводческой продукции на 37,5 % (табл. 2).

Таблица 2

Влияние золы на накопление ^{90}Sr растениеводческой продукцией (перо лука репчатого)

Варианты	В растениях, Бк/кг	В почве, Бк/кг	Кн
Контроль (почва без золы)	10,4	35,8	0,291
Почва + зола	6,5	37,4	0,173

Результаты, полученные при проведении вегетационного эксперимента, были подтверждены результатами полевого опыта по влиянию древесной золы на поступление ^{90}Sr в продукцию овощных культур на загрязненной радионуклидами территории (таблица 3). В опыте возделывались лук (на перо и репку), морковь столовая, капуста белокочанная. Внесение золы привело к значительному снижению биологической доступности ^{90}Sr и обусловило снижение Кн продукцией овощных культур в 1,35 раз для пера и репки лука, в 1,7 раз для моркови, в 1,8 раз для капусты по сравнению с вариантами без внесения золы.

Таблица 3

Влияния древесной золы на накопление ^{90}Sr растениеводческой продукцией

Культура	Варианты опыта	Кн
Лук (перо)	Без золы	0,409±0,051
	С золой	0,303±0,018
Лук (репка)	Без золы	0,093±0,186
	С золой	0,069±0,035
Морковь	Без золы	0,154±0,059
	С золой	0,090±0,021
Капуста	Без золы	0,135±0,046
	С золой	0,074±0,012

Таким образом, использование золы возможно не только в качестве удобрения, но и как средство, направленное на минимизацию перехода ^{90}Sr в продукцию растениеводства.

Библиографический список

1. Фокин А. Д., Лурье А. А., Торшин С. П. Сельскохозяйственная радиология. СПб.: Лань, 2011. 416 с.
2. Небольсин А. Н., Небольсина З. П., Яковлева Л. В. Влияние известкования на поглощение растениями калия // Агрохимия. 2001. № 5. С. 5–13.
3. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территориях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы. Минск, 2012. 120 с.
4. Гороновский И. Т., Назаренко Ю. Н., Некряч Е. Ф. Краткий справочник по химии. Киев: Наукова думка, 1974. 992 с.
5. Способ снижения накопления стронция-90 растениями: пат. Респ. Беларусь ВУ 23476 С1 2021.08.30, МПК G 21F 9/00, В 09С 1/00 / Г. В. Седукова, М. И. Автушко, К. Н. Буздалкин, С. А. Исаченко, И. Л. Колосов, Г. И. Лучина, Е. А. Тимченко; заявитель Гос. научн. учрежд. «Ин-т радиобиологии Нац. акад. наук Беларуси». – а 20180396; заявл. 17.09.18; опубл. 30.04.20 // Офиц. Бюлл. / Нац. Центр интеллектуал. собственности. 2020. № 2. С. 10.

Научное издание

ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ:
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
26–27 апреля 2022 г.

Книга 1

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова
Дизайн обложки: Ю. Д. Иванова

Вятский государственный университет,
610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

Подписано к печати 22.04.2022. Формат 60 x 84/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Усл. п. л. 25,7. Тираж 50 экз. Заказ 35.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС».

610029, г. Киров, п. Ганино, ул. Северная, 49А. Тел. +7 912 828 45-11

E-mail: raduga-press@list.ru