



ИБ ФИЦ Коми
НЦ УрО РАН

ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ: проблемы и пути их решения

КНИГА 1

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

Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук

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

Материалы
XVIII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
24–25 апреля 2023 г.

Книга 1

Киров 2023

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

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

Ответственный редактор:

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

Редакционная коллегия:

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

Э 400 Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 1. (г. Киров, 24–25 апреля 2023 г.). – Киров : Вятский государственный университет, 2023. – 439 с.

ISBN 978-5-98228-264-4 (Книга 1)
ISBN 978-5-98228-263-7

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

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

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

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

ISBN 978-5-98228-264-4 (Книга 1)
ISBN 978-5-98228-263-7

© Вятский государственный университет
(ВятГУ), 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНА

Ашихмина Т. Я., Албегова А. В., Пугач В. Н., Тимонов А. С.

Проблемы загрязнения водных объектов Кировской области промышленными и ливневыми стоками10

Мусихина Т. А., Пугач В. Н., Лихачев Д. А. Отходы потребления.

Правовой и управленческий аспекты14

Комаров О. И., Соловьева В. В. Факторы и последствия антропогенного эвтрофирования Саратовского водохранилища17

Саттаров М. Э., Сиддиков С. Ш., Борасулов А. М., Розимова Х. К.

Туристические ресурсы в зоне Чарвакского водохранилища и их воздействие на окружающую среду20

Хазеев Р. Н., Соловьева В. В. Рекреационное значение малых водохранилищ Самарской области25

Мичурина Ю. Ю., Соловьева В. В. Проблемы благоустройства прудов города Самара29

Сазонов А. Д. Об особенностях изменчивости расходов взвешенных наносов в верхнем течении реки Кундрючья32

Мирзалимова С. А., Киришина Е. Ю., Мухамедиев М. Г.

Фотоокислительная доочистка красителя, имитирующего общий поток сточных вод36

Никитина Е. Л., Крылова В. А. Исследование интенсификации очистки медьсодержащих сточных вод39

Ярусова С. Б., Харченко У. В., Гордиенко П. С., Нехлюдова Е. А., Беленева И. А. Кинетика сорбции ионов цезия и микроорганизмов алюмосиликатами калия42

Салтыкова А. Р., Божко С. Н. Влияние крупнейших предприятий Центрально-Черноземного района на загрязнение атмосферы46

Коваль Е. В. Проблемы загрязнения атмосферного воздуха предприятиями целлюлозно-бумажной промышленности на примере филиала АО «Группа ИЛИМ» в городе Коряжма50

Кантор Г. Я., Сырчина Н. В. Что такое «потенциал глобального потепления»?55

Козлов А. Н., Арасланов М. И. Экологический аспект сажевыделения в дизеле60

Петренко В. С., Божко С. Н. Влияние автодорожных предприятий на загрязнение окружающей среды65

Кузенкова А. Е., Божко С. Н. Динамика сельскохозяйственных земель в Центрально-Черноземном районе и их рациональное использование71

Вершинин А. А., Каримуллин Л. К., Князев И. В., Зайнулгабидинов Э. Р., Петров А. М. Влияние термически обработанного осадка коммунальных сточных вод на динамику дыхательной активности нефтезагрязненной почвы.....	74
Сабиров А. М., Хузиахметов Р. Х., Усманов С. Б., Гафиятов Р. Х. Оценка влияния пролонгированного карбамидо-формальдегидного удобрения на развитие сеянцев хвойных пород деревьев.....	78
Рачкова Н. Г., Шапошникова Л. М., Карманов А. П. Экспериментальное выщелачивание радия-226 из северотаежных почв с разным уровнем радиоактивного загрязнения.....	83
Кушу А. Ю., Макарова А. С. Возможности химического индуцирования процесса фитоэкстракции ртути из почв.....	87
Зо Е Найнг, Нистратов А. В., Клушин В. Н. Изучение сорбционной способности активного угля из ископаемого угля месторождения Калейва ...	92
Ковалёва О. В., Соколов А. С., Карпенко А. Ф. Смещение агроклиматических областей в Беларуси	95
Рахимова Т. Т. Современная классификация пастбищ Восточного чинка Каракалпакского Устюрта (Узбекистан).....	98
Рахимова Н. К. Эколого-фитоценотическое состояние горчаково-эфедрово-полынной пастбищной разности на Восточном чинке плато Устюрт (Узбекистан)	102
Рахимова Н. К. Вторичные растительные сообщества в предгорьях Самаркандской области (Узбекистан).....	106
Рахимова Н. К., Шарипова В. К., Садинов Ж. С., Полвонов Ф. И. Современное состояние некоторых редких видов на осушенном дне Аральского моря (Узбекистан).....	109
Агеева Т. Н. Радиоэкологические проблемы лесов Могилевской области	113
Ашихмина Т. Я., Сырчина Н. В., Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Широких И. Г., Товстик Е. В., Кутявина Т. И., Адамович Т. А., Рутман В. В. Экспансия борщевика Сосновского в условиях зоны южной тайги: проблемы, направления исследований	117
Земенкова П. А., Хапкина А. В. Оценка состояния желудей дуба красного (<i>Quercus rubra</i> L.), формировавшихся на территории Центрального парка г. Тула	121
Земенкова П. А., Солдатова А. В., Хапкина А. В. Оценка состояния желудей дуба черешчатого (<i>Quercus robur</i> L.), формировавшихся в разных экологических условиях г. Тулы и Тульской области.....	125
Дрожжина В. Н., Попова М. В. Загрязнение пылевидными частицами листьев <i>Ulmus pumila</i> L. в условиях городской среды.....	128
Вартан И. А., Кутявина Т. И., Прокашев А. М. Анализ распределения значений NDVI на лесопокрытых территориях государственного природного заказника «Былина»	131

Чернышева М. А., Мингалиев Р. Р. Разработка плагина для морфометрического анализа озер в геоинформационной программе QGIS	136
Вершинина Е. С. Геоэкологический мониторинг Ижевского водохранилища с использованием методов дистанционного зондирования.....	140
Матюхин И. А., Икрамов З. Л. ГИС-технологии при обработке результатов детальной снегохимической съемки в г. Усть-Кут Иркутской области	145

СЕКЦИЯ 2

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Тютиков С. Ф. Биогеохимическая составляющая риск-ориентированного подхода и проблемы экологической безопасности пищевого мониторинга	150
Злобина Т. Г. Создание региональной программы мониторинга состояния дна и берегов водных объектов Удмуртской Республики	154
Горшкова А. Т., Рыков Р. А., Урбанова О. Н., Бортникова Н. В., Семанов Д. А., Горбунова В. П. Влияние Волжско-Камского каскада водохранилищ на формирование поверхностного стока территории Республики Татарстан	158
Бортникова Н. В., Урбанова О. Н., Рыков Р. А., Горшкова А. Т., Семанов Д. А., Горбунова В. П. Распределение прудов на водосборах малых рек Тукаевского муниципального района Республики Татарстан	162
Корепанова А. П., Журавлева А. Н., Поздеева А. Р. Оценка состояния воды реки Ува в Удмуртской Республике.....	167
Ковалёва О. В., Карпенко А. Ф. Добыча воды и образование сточных вод в Беларуси.....	173
Кара-оол Х. А., Хургул-оол Б. Ш. Исследование физико-химических свойств источника Сенек Улуг-Хемского района.....	176
Мустафаева З. А., Титова Н. О., Лебедева Н. И. Влияние антропогенного фактора на водную биоту реки Коксу	177
Шевчук К. А., Степанова Н. Ю. Микропластик в донных отложениях реки Мёши	182
Романов И. Н., Макарова Ю. В., Прохорова Н. В. Эколого-биогеохимические особенности донных отложений и рогоза узколистного в условиях старицы реки Сок	185
Макарова Е. М. Оценка качества воды притоков Онежского озера, протекающих по территории г. Петрозаводска, по химическим и микробиологическим показателям	190
Гинатуллина Е. Н., Мустафаева З. А., Титова Н. О., Намозов С. М. Гидробиологические сообщества Южно-Голодностепского канала, Узбекистан.....	195

Морозова М. А., Седова Д. А. Обнаружение аэромонад и колиформных бактерий в воде приплотинного участка Цимлянского водохранилища.....	199
Кургузкин М. Г., Кургузкин П. М. Использование нейросетевого моделирования для прогнозирования численности цианобактерий в эвтрофированных водоемах.....	204
Мирненко Э. И. Особенности развития фитопланктона Старобешевского водохранилища	208
Асоро Б., Дюкова А. С. Изучение планктонной альгофлоры рек Кологривского участка государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына.....	211
Рачкова Н. Г., Батурина М. А., Раскоша О. В. Исследование состава зообентоса реки Ухта в зоне влияния объектов бывшего радиевого промысла в Республике Коми	214
Бедова П. В., Прохорова М. А. Макрозообентос реки Нолька на территории заказника «Горное Заделье».....	218
Артамонова А. Е., Сиротина М. В. Использование зоопланктонных организмов для оценки сапробности некоторых водоемов и водотоков заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына.....	222
Яшнева Е. А., Сиротина М. В. Структура сообщества зоопланктона озера Каменик на территории Костромской низины	225
Бормачёва Е. Н., Сиротина М. В. Оценка экологического состояния озер Долгое и Дружинино Мантуровского района Костромской области по показателям зоопланктона	229
Максимов А. С., Мурадова Л. В., Лысенко Д. С. Оценка состояния ихтиофауны в реках Сеха и Унжа в Кологривском районе Костромской области	233
Корзникова В. Г., Мурадова Л. В. Экология рыб в малых реках Мантуровского участка государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына.....	238
Мустафаева З. А., Лебедева Н. И., Титова Н. О., Азизов Н. Я., Мирзаев У. Т. Биоразнообразие гидробионтов реки Каракиясай	241
Ланцова Е. А., Кучерявая Е. А., Каманина О. А. Определение индекса БПК в водоемах города Тулы с помощью БПК-биосенсора на основе ассоциации дрожжей, иммобилизованной в кремнийорганическую матрицу	246
Ивлева П. Д. Оценка качества воды из постоянных водных источников методом биотестирования.....	249
Сысолятина М. А., Ложкина Р. А., Олькова А. С., Томилина И. И. Токсическое действие ионов меди и смеси ионов меди и лантана на амфипод <i>Hyalella azteca</i> Saussure, 1858	252
Прокашев А. М., Матушкин А. С., Пупышева С. А., Бородатый И. Л. К вопросу о перспективах выделения новых категорий охраняемых территорий в Вятском крае.....	255

Сафонов А. И. Принципиальное расширение полномочий эколого-ботанического мониторинга в Донбассе	261
Дайнеко Н. М., Тимофеев С. Ф. Динамика растительных сообществ в зависимости от гидрологического режима в пойме р. Сож	264
Плотникова К. А. Зеленая инфраструктура города Воронеж	267
Бускунова Г. Г., Шарабасова С. А. Биогеохимические показатели <i>Sisymbrium loeselii</i> L. в городской среде.....	271
Тупицына М. А., Олькова А. С., Адамович Т. А. Оценка экологического состояния парков и скверов г. Кирова по флуктуирующей асимметрии листьев <i>Betula pendula</i> Roth (березы повислой) и содержанию тяжелых металлов в почве	275
Ильина В. Н., Козловская О. В., Атанова К. Ю. К состоянию липняков на территории Волжского и Красноярского муниципальных районов Самарской области	278
Баранова О. Г., Тарасова Е. М. Особенности распространения представителей семейства Орхидные в заповеднике «Нургуш» (Тулашорский участок).....	281
Канев В. А. Материалы к флоре высших сосудистых растений верховьев реки Б. Паток (Национальный парк «Югыд Ва», Приполярный Урал Республики Коми).....	284
Галкина А. С., Кузьмин И. С., Аветисян Н. А. Состояние популяций редких видов растений на горе Тип-Тяв (городской округ Самара, Российская Федерация)	289
Лукина Н. В., Филимонова Е. И., Глазырина М. А., Коробицина С. Н., Чибрик Т. С. Динамика биоэкологической структуры флоры отвалов Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня.....	292
Бускунова Г. Г., Киреева О. В., Карасова Л. И. Фиторемедиационные способности растений <i>Lappula squarrosa</i> в урбоэкосистемах	296
Пыстина Т. Н. Использование лишайника <i>Hurogymnia physodes</i> в качестве индикатора пылевого загрязнения воздушной среды при добыче бокситов карьерным способом.....	301
Кондакова Г. В., Петров А. М. О лишеноиндикационных исследованиях на территории Петропавловского парка (г. Ярославль).....	306
Трискиба С. Д., Полохина И. И. Макромицеты искусственного насаждения «Кучеров лес» в Донецке.....	311
Мирненко Н. С. Качество пыльцевых зерен <i>Populus alba</i> L. на пробных площадках г. Донецка	315
Киреева А. Р., Шелехов А. Д., Фокина А. И. Свойства растительных экстрактов из хвои и подорожника и желатиновых пленок на их основе.....	319
Товстик Е. В., Шеромов А. М. Валидация методики определения полифенольных соединений в зерне киноа.....	322
Савельева П. А. Оценка экологических проблем в развитии Кольского полуострова	326

Комаров А. А., Суханов П. А., Курсанов А. Д. Агроэкологический мониторинг в сети тестовых полигонов региона	331
Стреляева З. В., Дрозд К. С., Бардюкова А. В. Радиохимический метод определения стронция-90 в объектах ветнадзора	334
Мартынова Е. В., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Оптимизация состава мелиорантов для снижения содового засоления почвы.....	339
Кутявина Т. И., Вартан И. А. О содержании некоторых тяжелых металлов в торфе верхового и низинного болот в районе расположения государственного природного заказника «Былина».....	344
Сырчина Н. В., Кузнецов Д. А., Ашихмина Т. Я., Пилип Л. В., Рутман В. В. Проблема использования инструментальных методов для контроля запахового загрязнения воздуха	349
Рутман В. В., Хето М. Х. Исследование содержания запахообразующих веществ в атмосфере города.....	353
Вильям Давид Сегура Мартинес Определение объема выбросов парниковых газов в посевах африканской масличной пальмы (<i>Elaeis guineensis</i>) методом DNDC в Крестьянской зоне долины реки Симитарра.....	356

СЕКЦИЯ 3

ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Щемелинина Т. Н., Анчугова Е. М., Кондратенко Б. М., Гогонин А. В. Перспективы использования кородревесных отходов (на примере местечка Лесозавод г. Сыктывкара)	362
Романенко В. В. Сбережение древесины при рациональном изготовлении железнодорожной продукции	365
Тарбеева Н. А., Рублева О. А. Инновационные технологии эффективной переработки вторичных ресурсов деревообрабатывающих производств	369
Гаврилова О. А., Айвазян А. А., Девятерикова С. В. Получение энтеросорбента с использованием бетулина	373
Фукс С. Л., Ожиганова А. А., Овчинникова А. К., Семёнов А. О. Разработка технологии утилизации отходов катализатора процесса разложения природного газа	376
Прохорова В. В., Соколова Л. А. К вопросу об использовании зол уноса в дорожном строительстве.....	380
Пронченков И. А., Антонов С. А., Матвеева А. И., Тонконогов Б. П. Особенности использования биоразлагаемых смазочных материалов в условиях Арктической зоны	384
Арасланов М. И., Козлов А. Н. Улучшение экологических показателей дизеля с помощью биотоплива.....	387
Шеховцова Н. В., Харзина О. А., Меркурьев А. Н. Влияние захороненных продуктов нейтрализации кислых гудронов на природную среду	392

Амансарыев А. Б., Салахов И. И., Горячев А. А., Черкасова Е. И. Инновационная технология утилизации шинной резины на нефтеперерабатывающем заводе	396
Суксин Н. Е., Шумилова М. А. Переработка отработанных растворов химического никелирования	401
Чухланцев К. В., Лопарев А. А., Михайлова И. Ю. Реагентный и ионообменный методы очистки сточных вод гальванического производства	405
Алексеева Н. В. Экологические аспекты утилизации сточных вод производства пигментов	409
Шагидуллин Р. Р., Иванов Д. В., Петров А. М., Кузнецова Т. В., Князев И. В. Характеристики и направления утилизации термомеханически обработанного осадка городских сточных вод.....	411
Каненкин Е. И., Зелинская Е. В. Подземные рассолы как техногенное минеральное сырье	415
Готлиб Е. М., Ямалева Е. С., Твердов И. Д., Мишагин К. А., Ха Ф. Т. Н. Применение рисовой шелухи как сырья для получения волластонит- и диопсидсодержащих наполнителей	418
Чемерис О. В. Оценка эффективности процесса осахаривания растительного сырья ферментными препаратами <i>Irpex lacteus</i> (Fr.) Fr.....	421
Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Кузнецов Д. А. Оценка эффективности микробиологических препаратов для устранения запаха	425
Лукашкин А. А., Лукашкин А. С. Оценка жизнеспособности бактерий <i>Pseudomonas</i> sp. в ходе длительного хранения биопрепарата	428
Пухальский Я. В., Лоскутов С. И., Шифон Я. Н., Постников Г. С., Каушан П. С. Перспективы использования добавок в виде золы уноса и коксовой мелочи при создании почвосмесей для выращивания растений.....	431
Дувакин А. М., Камалов К. О. Разработка метода переработки блистерной упаковки.....	436

СЕКЦИЯ 1

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНА

ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ И ЛИВНЕВЫМИ СТОКАМИ

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

¹ Вятский государственный университет,

*² Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, ecolab2@gmail.com*

³ Министерство охраны окружающей среды Кировской области

Снижение загрязнения водных объектов на территориях городских агломераций является важной социально-экономической задачей. Основными источниками загрязнения водных объектов являются промышленные, бытовые сточные воды и диффузные стоки (талые, ливневые, дренажные воды с сельитебных территорий, сельхозугодий, отвалов и т. д.). Во всех городских и муниципальных образованиях необходимо создание сети ливневой канализации с системой очистки образующихся стоков. Решение данной проблемы позволит в городе Кирове и других городах, расположенных вдоль рек, значительно снизить воздействие промышленных предприятий и диффузных источников загрязнения на водные экосистемы региона и, прежде всего, на реку Вятку – главный источник питьевой воды кировчан.

Ключевые слова: сточные воды, ливневые воды, диффузные источники загрязнения, сеть ливневой канализации, контроль и мониторинг сброса стоков.

Проблема загрязнения водных объектов промышленными и ливневыми стоками является актуальной для многих городов, в том числе и для г. Кирова и Кировской области [1, 2]. По данным государственной статистической отчетности в 2022 г. сброс сточных вод в поверхностные водные объекты Кировской области осуществляли 121 предприятие. Всего в Кировской области в 2022 г. отведено сточных вод промышленных предприятий 118,7 млн м³. В структуре сбрасываемых вод по-прежнему преобладают «загрязненные» сточные воды (104,81 тыс. м³/год). Наибольшую антропогенную нагрузку от сточных вод испытывает р. Вятка, главный источник питьевой воды горожан, в который осуществляется сброс сточных вод более 49 млн м³/год, из них на г. Киров приходится 48,5 млн. м³/год [3]. На сооружениях очистки стоки категории «недостаточно очищенные» составляют 64%. Объем сточных вод кате-

гории «загрязненные без очистки» составил порядка 5%, категории «нормативно-очищенные» – 11%, категории «нормативно чистые (без очистки)» – 20% от общего объема сточных вод [4].

Очистка промышленных сточных вод в г. Кирове осуществляется муниципальным управлением «Водоканал», в то время как большой проблемой в городе является сбор и очистка диффузных, так называемых бесхозных, стоков (талые, ливневые, дренажные воды с селитебных территорий, сельскохозяйственных, отвалов и т. д.).

По данным отдела водных ресурсов по Кировской области Камского бассейнового водного управления диффузные источники загрязнения оказывают определяющее влияние на формирование качества воды практически на всех участках в бассейне р. Вятки. Основными источниками загрязнения с территории населенных пунктов являются: стоки ливневой канализации; дренаж с территорий промышленных предприятий; дренаж твердых отходов и мусора, продукты эрозии почвы, пыль, строительные материалы, а также сырье, продукты и полупродукты, хранящиеся на открытых складских площадках, выбросы в атмосферу, различные нефтепродукты, попадающие на территорию в результате их пролива и неисправностей автотранспорта и другой техники, и т. д. Масса сброса загрязняющих веществ, поступающая с диффузным стоком, на 1–2 порядка превышает массу сброса через организованные, управляемые выпуски.

В г. Кирове ливневые стоки, не заведенные на очистные сооружения МУП «Водоканал», не очищаются, в основном попадают в р. Вятку.

Рассчитать на сегодня, с достаточно определенной долей вероятности, объемы сточных ливневых вод с территорий региона и городских агломераций не представляется возможным. По очень приблизительным подсчетам объем сточных ливневых вод с территории г. Слободского составляет порядка 13 млн м³/год, г. Кирово-Чепецка – 15 млн м³/год, г. Кирова – 58 млн м³/год. Отсюда следует, что даже при полностью нормативной работе очистных сооружений предприятий, кардинальное улучшение качества воды в водных объектах в черте крупных населенных пунктов не произойдет из-за сброса такого объема загрязненных вод диффузными источниками [3].

Мониторинг р. Вятка на водных створах проводится Кировским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета. В течение 2021 г. случаев высокого и экстремально высокого загрязнения поверхностных вод в створах государственной наблюдательной сети не зарегистрировано. Качество воды в поверхностных водных объектах Кировской области на протяжении многих лет находится в стабильном состоянии и варьирует от 2 класса «слабо загрязненные» до 4 класса разряда «а» «грязная» (вблизи крупных городов). При этом в 2021 г. у 100% наблюдательных гидрохимических створов региона характеризовалось 3 классом качества «загрязненные» [4].

В рамках экологического контроля Западно-Уральским межрегиональным управлением Росприроднадзора проводятся исследования места выпуска

дренажных и ливневых стоков в р. Вятку. По результатам исследования 2022 г. в районе Вятского фанерного комбината (Нововятский район) в весенний период установлены превышения по фенолам в 4,5 раза, для сравнения в октябре-ноябре 2021 г. превышение по фенолам было в 3 раза. Превышение по меди отмечено в 2022 г. в 4,8 раза, в то время как данный показатель в 2021 г. был почти в 2 раза выше (превышение в 8,8 раз). В месте выпуска на ул. Пристанской в 2022 г. отмечено превышение по фенолам в 8,5 раза, по нефтепродуктам – в 2,8 раза, нитрит-ионам – в 1,8 раза, по меди – в 1,6 раза. У гидропоста на Слободском спуске в 2022 г. были зафиксированы превышения по фенолам в 19 раз, по нефтепродуктам – в 360 раз; у старого моста (ул. Набережная Грина) превышение по нефтепродуктам составило 6,2 раза, по фенолам – в 2,2 раза. В районе ул. Заводской превышение по нефтепродуктам составило в 216 раз, в районе лодочной станции превышение по нефтепродуктам – в 416 раз. У автосервиса «Субару» превышение по нефтепродуктам отмечено в 264 раза, по фенолам – в 15 раз. Данные показатели свидетельствуют о значительном загрязнении воды р. Вятки в местах выпуска сточных вод [3].

Министерство охраны окружающей среды Кировской области проводит в г. Кирове мониторинг качества воды в 4 малых реках (Хлыновка, Мостовица, Люльченка и Плоская) в местах наибольшей антропогенной нагрузки – это мосты, пересечения улиц, выпуски сточных вод, фоновые створы, позволяющие оценить изменения качества воды в водном объекте. По результатам наблюдений за 2022 г. отмечено, что состояние малых рек в сравнении с прошлыми годами не изменилось. Случаев высокого и экстремально высокого загрязнения воды не наблюдалось. Превышения ПДК зафиксированы по растворенным формам меди, цинка, железа, марганца, а также по фенолам и нефтепродуктам. Качество воды малых рек в течение года менялось от «слабо загрязненных» (2 класс) до «очень грязных» (6 класс): р. Люльченки – в пределах 2–4 классов, рек Хлыновка и Мостовица – 2–3 классов, р. Плоская – 2–6 классов. Все реки, протекающие по территории г. Кирова, по уровню загрязнения находятся на уровне 2–6 классов. Основная нагрузка на малые реки обеспечивается за счет поверхностного ливневого и дренажного стока [4].

Из данных контроля и мониторинга природоохранных органов следует, что проблема загрязнения водных объектов нарастает и решается крайне медленно. Имеющиеся в г. Кирове сети ливневой канализации находятся в оперативном управлении у муниципального казенного учреждения «УДПИ г. Кирова», при этом числятся они на балансе администрации г. Кирова. Соответственно, МКУ «УДПИ г. Кирова» не могут принимать никакие управленческие решения создания цивилизованной и современной системы сбора и очистки городской ливневой канализации. Ряд промышленных предприятий г. Кирова стараются «избавиться» от ливневой канализации, прекращают их функционирование и списывают с баланса. Причина – поверхностные стоки собираются не только с территории организации, но и с близлежащей муниципальной территории г. Кирова.

В рамках регионального государственного экологического контроля (надзора) министерством охраны окружающей среды неоднократно принимались меры административного воздействия к предприятиям – загрязнителям рек, так в 2021 г. МКУ «УДПИ г. Кирова» привлечено к административной ответственности по ч. 4 ст. 8.13 КоАП РФ (нарушение требований к охране водных объектов, которое может повлечь их загрязнение, засорение и (или) истощение, за исключением случаев, предусмотренных статьей 8.45 КоАП РФ). Были назначены штрафы за загрязнение р. Люльченка в районе ул. Солнечной г. Кирова за несанкционированный выпуск ливневых сточных вод (151,00 тыс. рублей), за возможное загрязнение р. Черевича в результате эксплуатации снежной свалки в районе ул. Луганской г. Кирова (150,00 тыс. рублей) [3].

Следует отметить, что в г. Кирове сети ливневой канализации начали создаваться в 70-годах XX века, к настоящему времени износ коммунальных сетей велик, они устарели, заиливаются, обрушаются и требуют капитального ремонта и реконструкции. К настоящему времени сетями ливневой канализации охвачены лишь отдельные кварталы центральной части и некоторые, построенные в последнее время микрорайоны. Протяженность ливневых сетей составляет 68 км, ежегодно выявляются участки бесхозных сетей, которые закрепляются за МКУ «УДПИ г. Кирова» на праве оперативного управления [5].

Поэтому решение данного вопроса требует в первую очередь выполнение работ по инвентаризации имеющихся сетей с оценкой их состояния и постановке вновь выявленных бесхозных участков сетей на городской баланс. На основе инвентаризации и общего генерального плана города должна быть разработана проектная документация на создание сети ливневой канализации в г. Кирове. Только после этого может решаться вопрос по источникам финансирования.

Проблема ливневых стоков в г. Кирове весьма актуальна, требует к себе особого внимания и оперативного решения. Необходимо объединить в этом вопросе усилия и ресурсы всех предприятий и органов власти всех уровней. Руководству администрации города необходимо исключить практику выдачи разрешений на застройку территории без создания ливневой канализации. Каждая новая стройка должна предусматривать комплексный подход по одновременному созданию необходимой инфраструктуры, включая ливневую канализацию, для нормального функционирования отдельных городских территорий, при этом каждая такая площадка должна быть подключена к единой сети ливневой канализации города. Нельзя принимать дом, новый микрорайон пока в нем не будет создана данная сеть. При этом уже в сложившейся (старой) застройке ливневая система канализования должна быть создана за счет местного бюджета. Только так, общими усилиями и с системным подходом можно в среднесрочной перспективе наладить этот процесс и создать систему сбора и отведения ливневого стока с территории областного центра. На сегодня солидные средства выделяются на ремонт уличных дорог. Необходи-

мо при проектировании данных работ предусматривать проведение работ по отводу «ливневки», иначе через 2–3 года отремонтированное полотно дороги выходит из строя из-за наличия талых вод и суточных колебаний температур в весенне-осенние периоды. Вода находит трещины на асфальте, усиливает их разрушение, размывает их, что требует новых средств на восстановление дороги.

Безусловно, создание всей сети ливневой канализации в городе требует серьезного финансирования. Решая эту задачу, может быть, целесообразно объединиться и вложиться один раз основательно в ее реализацию, а в дальнейшем все предприятия будут абонентами данной сети, что позволит получать дополнительный источник дохода на ее содержание.

Библиографический список

1. Кутявина Т. И., Ашихмина Т. Я. Современное состояние и проблемы мониторинга поверхностных водных объектов России (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 13–21. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-013-021

2. 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

3. Протокол заседания комиссии по экологии Общественной Палаты Кировской области № 16 от 15.03.2023 [Электронный ресурс]. – URL: <http://opko43.ru/commissions/v5/16711/protocols/> (дата обращения: 27.03.2023).

4. Состояние поверхностных вод [Электронный ресурс]. – URL: <https://kirovreg.ru/econom/ecology/vod.php> (дата обращения: 28.03.2023).

5. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2021 году: Региональный доклад / под общей редакцией А. В. Албеговой. Киров : Министерство охраны окружающей среды Кировской области, 2022. 220 с.

ОТХОДЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ. ПРАВОВОЙ И УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ

Т. А. Мусихина, В. Н. Пугач, Д. А. Лихачев
Вятский государственный университет, usr04011@vyatsu.ru

Управление отходами потребления, образующимися у населения, в основном производится на региональном и муниципальном уровнях в соответствии с проводимой государственной экологической политикой. Основные проблемы управления наблюдаются в трудностях организации отдельного сбора твердых коммунальных отходов, а также опасных отходов для их дальнейшей утилизации.

Ключевые слова: отходы, опасные отходы, отходообразователь, утилизация отходов.

Согласно положениям Федерального закона «Об отходах производства и потребления» в сфере обращения с отходами выделяют следующие основные принципы:

- научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов общества в целях обеспечения устойчивого развития общества;
- комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов;
- использование методов экономического регулирования деятельности в области обращения с отходами в целях уменьшения количества отходов и вовлечения их в хозяйственный оборот.

При этом направления государственной политики в области обращения с отходами являются приоритетными в следующей последовательности:

- максимальное использование исходных сырья и материалов;
- предотвращение образования отходов;
- сокращение образования отходов и снижение класса опасности отходов в источниках их образования;
- обработка отходов;
- утилизация отходов;
- обезвреживание отходов.

Исходя из этих положений для эффективного управления потоками отходов, образующимися от населения, бесспорно, требуется рациональное обращение с ними, а также создание соответствующей инфраструктуры.

Управление твердыми коммунальными отходами (ТКО) на федеральном уровне предписано ППК РЭО (Российский экологический оператор), который создан Постановлением Правительства РФ «О публично-правовой компании по формированию комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами».

На региональном уровне на конкурсной основе выбирается региональный оператор (РО), который осуществляет полный комплекс услуг по обращению с твердыми коммунальными отходами на территории субъекта федерации. При этом следует иметь в виду, что согласно Федеральному закону «Об отходах производства и потребления» к твердым коммунальным отходам также отнесены отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (ИП) и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, что требует дополнительных управленческих решений: такие отходы в полном объеме должны быть охвачены государственным учетом и контролем.

На практике при организации контейнерных площадок, когда они зачастую совместно используются и населением и указанными в определении ТКО юридическими лицами и ИП, эти факторы практически не учитываются, что порождает в настоящее время проблему управления отходами от объектов малого бизнеса, размещенных и действующих в жилых микрорайонах. Они зачастую не охвачены коммунальной услугой ТКО и некоторые из них про-

должают оставаться в «серой зоне» без договоров на вывоз ТКО и не оплачивают эти услуги. В итоге за них платит население близлежащих домов, что несправедливо и не допустимо.

Решения в сфере управления также требует обращение с опасными отходами I–II класса опасности, образующимися от населения и субъектов малого бизнеса. К таковым относятся отработанные ртутьсодержащие осветительные приборы, химические источники тока (батарейки) и т. д. [1, 2].

При этом одним из самых проблемных вопросов считается обеспечение их сбора и передачи в ФГУП «Федеральный экологический оператор» (ФГУП «ФЭО»), поскольку такие отходы необходимо безопасно где-то накапливать и перевозить к местам утилизации, определенным ФГУП «ФЭО». Особое значение имеет необходимость решения вопроса об источнике финансирования этой работы относительно жилых микрорайонов, поскольку законодательно на муниципальном уровне, например, для отработанных ртутных ламп, закреплено в 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и постановлению Правительства Российской Федерации от 28.12.2020 № 2314 «Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде» обеспечение этой работы.

Относительно повсеместной организации раздельного сбора отходов у населения нашей страны до настоящего времени также имеются проблемы не смотря на то, что в 2020 г. по поручению Правительства Российской Федерации были разработаны методические рекомендации для органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации по осуществлению раздельного накопления и сбора твердых коммунальных отходов в целях внедрения раздельного накопления и сбора твердых коммунальных отходов в субъектах Российской Федерации как составной части перехода на экономику замкнутого цикла. Ни региональные операторы, ни малый бизнес проблему по достижению эффективных показателей раздельного сбора и утилизации ТКО в настоящее время решить не могут.

Таким образом, важной актуальной современной задачей, среди прочих, остается комплексное решение вопросов по созданию в населенных пунктах инфраструктуры по раздельному сбору твердых коммунальных, а также и опасных отходов, образующихся у населения.

Библиографический список

1. Техногенные отходы I–II классов опасности – ресурс для получения вторичных продуктов / А. Г. Мажуга, В. А. Колесников, Д. А. Сахаров, М. В. Корольков // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 61–67. doi: 10.25750/1995-4301-2020-4-061-067

2. Макарова А. С., Федосеев А. Н. Технологии иммобилизации ртути из ртутьсодержащих отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 22–27. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-022-027

ФАКТОРЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ АНТРОПОГЕННОГО ЭВТРОФИРОВАНИЯ САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

О. И. Комаров, В. В. Соловьева

*Самарский государственный социально-педагогический университет,
solversam@mail.ru*

В статье представлен анализ причин антропогенного эвтрофирования Саратовского водохранилища. Массовое развитие цианобактерий негативно влияет на водные экосистемы, приводит к изменению трофической структуры сообщества, гибели рыб, обеднению толщи воды кислородом и снижению ее качества.

Ключевые слова: Саратовское водохранилище, эвтрофикация, «цветение воды», цианопрокариоты.

Во второй половине XX столетия в связи с усилением хозяйственного развития территорий, приводящего к увеличению сбросов минеральных и органических веществ, стало наблюдаться резкое изменение экологического состояния водоемов и ухудшение качества их вод. Одна из причин этого процесса – увеличение продуктивности (трофии) водных экосистем, что в настоящее время наблюдается практически во всех водоемах мира [1]. Из лимнологии известно, что на протяжении своего существования (старения) водоем обычно проходит определенные стадии трофии. Этот процесс развивается медленно (десятки или сотни лет) и скорость его определяется морфометрическими параметрами водоема, его историей и географическими особенностями. Быстрое повышение биопродуктивности и весь комплекс связанных с этим явлением параметров водной среды вызван антропогенным эвтрофированием. Оно тесно связано с увеличением продукции и биомассы основных фотосинтезирующих организмов – микроскопических планктонных водорослей. Для понимания процессов, происходящих в водных экосистемах в ходе эвтрофирования, и принятия адекватных решений для устранения его последствий необходимо знать, каковы его причины и влияние на водоемы, их обитателей и человека [2–5].

Ежегодно на Саратовском водохранилище в летний период с повышением температуры воды наблюдается интенсивное развитие цианобактерий (цианопрокариот) – «цветение» воды, которое усугубляется высокой насыщенностью воды органическими веществами, содержащимися в сбрасываемых в водохранилище промышленных, коммунальных и сельскохозяйствен-

ных стоках, что благоприятствует развитию цианобактерий (ЦБ). Пик численности ЦБ обычно наблюдается в июле, иногда в августе.

В ночное и предутреннее время, когда водная растительность не выделяет в воду кислород, так как не происходит процесс фотосинтеза, фитопланктон потребляет кислород на дыхание. При безветренной погоде на участках массового развития фитопланктона происходит резкое снижение содержания кислорода в воде. Также весьма активно кислород потребляется илом при его окислении. Кроме того, ЦБ выделяют в воду токсичные вещества – продукты своей жизнедеятельности. В результате указанных факторов возникают локальные заморные явления. При этом происходит гибель преимущественно окуневых видов рыб (в основном их молоди), как наиболее требовательных к кислородному режиму (табл.). При глубоком дефиците кислорода гибнут и другие виды рыб.

Таблица

Число погибших рыб на правом берегу верхней зоны Саратовского водохранилища в 2021 году

Вид биоресурса	Номер пробы						Средняя на 100 м	Всего на участке, шт.
	2	5	7	8	10	13		
окунь	691	858	594	591	601	484	636,5	292 790
судак	2	1	4	2	–	1	1,67	768
ерш	18	12	16	94	13	11	27,3	12558
берш	4	3	2	5	4	2	3,33	1532

Анализируя таблицу можно сказать, что факт массовой гибели рыбы в верхней зоне Саратовского водохранилища является сезонным природным явлением, характерным для волжских водохранилищ, расположенных в лесостепной и степной зонах, причиной которых является массовое развитие ЦБ в летнее время [4].

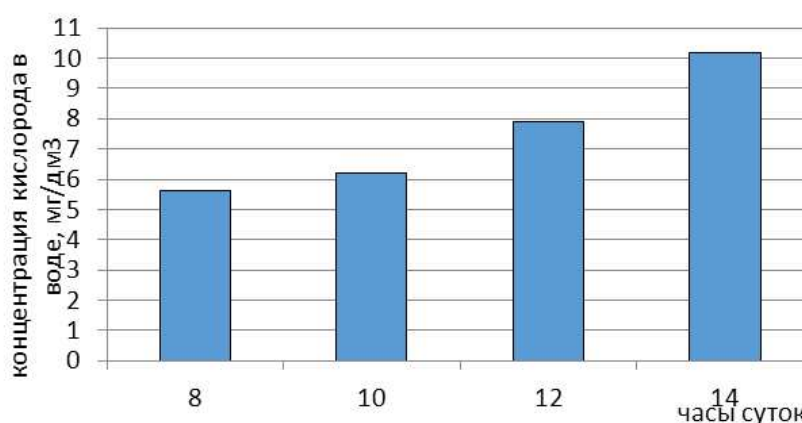


Рис. Динамика концентрации кислорода в течении суток в воде верхней зоны Саратовского водохранилища летом (28.07.21) [6]

Сказанное подтверждается и динамикой кислорода в течении суток. Наименьшее количество кислорода наблюдается по завершении ночи и в ранние утренние часы (рис.). Так, для нормальной жизнедеятельности рыб се-

мейства Окуневого концентрация кислорода при температуре воды 24–25 °С должна быть не менее 6,0 мг/дм³. По данным исследования даже в 8 ч. концентрация кислорода не достигает требуемых величин. Именно в период дефицита кислорода и происходит гибель рыб. По мере приближения к полудню концентрация кислорода увеличивается, достигая максимума в 14 ч. В последующий период происходит постепенное снижение его концентрации [6].

При зарегулировании стока река Волга превратилась в цепь водохранилищ, в которых сформировался замкнутый цикл круговорота веществ, определяемый замедленным водообменом, увеличением интенсивности процессов аккумуляции и оседания, дополнительным обогащением минеральными и органическими веществами. В результате интенсивной хозяйственной деятельности, приводящей к избыточному поступлению биогенных веществ (азота и фосфора), наблюдается рост продуктивности и увеличение трофии водоемов.

Глобальное потепление климата, начавшееся с середины 70-х годов прошлого столетия, можно рассматривать как важнейший природный процесс, способствующий стремительному распространению и доминированию ЦБ в водоемах. Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО» в рамках мониторинговых исследований Государственного задания ежегодно проводит обследования водоемов подведомственного региона и регистрирует случаи массового развития ЦБ.

К сожалению, если физиология и экология ЦБ в значительной мере изучена, то полного понимания механизмов «цветения» наукой пока не достигнуто. В настоящее время не существует теоретически обоснованных методов прогнозирования массового развития фитопланктона. Причина этого – чрезвычайная сложность данного явления. К тому же, факторы, определяющие «цветение», действуют одновременно и с разной интенсивностью [7, 8].

В Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО» регулярно поступают запросы об установлении причин летней массовой гибели рыбы на водоемах, где фиксируют интенсивное «цветение» воды. Это, как правило, неглубокие водоемы с замедленным водообменом. В местах скопления ЦБ наблюдается увеличение содержания органического вещества (по показателям перманганатная окисляемость, БПК₅ и ХПК), аммония, органического азота, снижение до критических значений концентрации растворенного кислорода. Температура воды достигает 26–29 °С. При отмирании ЦБ начинает бурно развиваться анаэробная микрофлора. Гнилостный запах водорослей и бурное развитие бактерий приводит не только к образованию аммиака, но и сероводорода и других газов. Как следствие, возникает дефицит кислорода, и происходит замор рыбы. Однако судить о массовости гибели водных биологических ресурсов по причине избыточного развития ЦБ необходимо в каждом конкретном случае на основании тщательного обследования.

Мерами по снижению массового развития ЦБ служат строгое соблюдение санитарных норм при выпуске сточных вод, обеспечение проточности

водохранилищ, использование в качестве биологических мелиораторов растительноядных рыб – фильтраторов (например, белого толстолобика).

Библиографический список

1. Шилькрот Г. С. Причины антропогенного эвтрофирования водоемов // Общая экология. Биоценология. Гидробиология. М., 1975. Т. 2. С. 61–99.
2. Даценко Ю. С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты. М. : ГЕОС, 2007. 252 с.
3. Каминский В. С. Вопросы замедления и устранения процесса эвтрофирования // Водные ресурсы. 1979. № 4. С. 64–71.
4. Кутявина Т. И., Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В. Применение комплекса наземных методов исследования для диагностики загрязнения и процессов эвтрофирования водохранилищ Кировской области // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 44–52. doi: 10.25750/1995-4301-2019-2-044-052
5. Кутявина Т. И., Рутман В. В., Ашихмина Т. Я. Дистанционный мониторинг зарастания высшей водной растительностью акватории эвтрофированного водохранилища // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 36–40. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-036-040
6. Розенберг Г. С. Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. Тольятти: Кассандра, 2009. 478 с.
7. Прыткова М. Я. Научные основы и методы восстановления озерных экосистем при разных видах антропогенного воздействия. СПб. : Наука, 2002. 148 с.
8. Сиренко Л. А. Основные факторы естественного и антропогенного эвтрофирования // Водные ресурсы. 1979. № 4. С. 15–30.

ТУРИСТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ В ЗОНЕ ЧАРВАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

М. Э. Саттаров¹, С. Ш. Сиддиков², А. М. Борасулов³, Х. К. Розимова⁴

*¹Ташкентский научно-исследовательский институт вакцин и сывороток,
²Научно-исследовательский институт
окружающей среды и природоохранных технологий,*

*³Ташкентский филиал Самаркандского государственного университета
ветеринарной медицины, животноводства и биотехнологии,
bioinformatics-genetics@mail.ru*

⁴Чирчикский государственный педагогический университет

В статье представлена история строительства Чарвакского водохранилища, гидрологическая классификация водохранилища, туристические ресурсы в зоне водохранилища и перспективы их использования. Также рассмотрены экологические проблемы в зоне водохранилища и современные пути их решения.

Ключевые слова: туризм, экология, эрозия, туристические ресурсы, парпланеризм, вейкбординг, пляж, дельтапланеризм, горно-долинный ветер.

Туризм, как и во многих странах мира, развивается наряду с сельским хозяйством, промышленностью, транспортом и другими макроэкономическими отраслями, вносящими вклад в экономику нашей республики. Однако в первые 10 лет независимости из-за недостаточно эффективного использования возможностей туризма в Республике Узбекистан он сильно отставал от показателей основных отраслей народного хозяйства. Следует отметить, что географическое положение Узбекистана наиболее благоприятно для развития туризма по сравнению с другими странами Центральной Азии [1].

Сегодня в результате того, что большое внимание уделяется внутреннему и внешнему туризму в нашей стране стали открываться новые туристические объекты и природные зоны отдыха для местных и иностранных туристов. Примером этого может служить Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-5273 от 5 декабря 2017 года, где в пункте 2 «Постановления о создании туристско-рекреационной зоны «Чарвак» указаны конкретные туристские направления с учетом возможностей экосреды района, а также Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-5326 от 5 декабря 2018 года «О дополнительных организационных мерах по созданию благоприятных условий для развития туристского потенциала Республики Узбекистан».

Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 6 августа 2021 года № 499 «О комплексных мерах, направленных на недопущение сокращения растительного покрова в горных и предгорных районах вокруг Чарвакского водохранилища» было признано экономически целесообразным и направленным на развитие внутреннего туризма, который не оказывает негативного воздействия на окружающую среду.

В 1960-х годах XX века для развития народного хозяйства Узбекистана и совершенствования энергосистемы г. Ташкента и Ташкентской области возникла необходимость строительства крупного водохранилища с гидроузлом, которое позволило бы улучшить состояние орошаемых земель в Чирчикско-Ангрен-Келесском районе («ЧАКИР»). В связи с этим 20 февраля 1963 г. Постановлением № 206 Совета Министров Союза Советских Социалистических Республик (СССР) было объявлено о начале подготовительных работ по строительству Чарвакской ГЭС и водохранилища. 1 января 1963 года Министерство издало приказ о создании в составе треста «Узбекгидроэнергокурилиш» строительного управления «Чарвакская ГЭС-строительство». В зоне, расположенной в 80 км от г. Ташкента, для строительства Чарвакской ГЭС и водохранилища был выбран бассейн р. Чирчик в с. Ходжакент Бостанлыкского района Ташкентской области.

К 11 апреля 1978 года в Чарвакском водохранилище было собрано 6 млн куб. м воды [2]. В настоящее время уровень воды достиг проектной отметки в 2 млрд куб. м.

Чарвакское водохранилище расположено между горами Угам и Пскем, которые являются ответвлениями гор Западного Тянь-Шаня, обращенными к ветрам, дующим с северо-запада, вследствие чего вокруг водохранилища выпадает мало осадков. Следует заметить, что Чарвакское водохранилище нахо-

дится вблизи многофункциональных городов с высокой плотностью населения, таких как Ташкент, Ангрен, Алмалык, Янгиюль и Чирчик. Наличие удобной инфраструктуры является главным фактором развития туристических возможностей Чарвакского водохранилища.

Сегодня поток туристов на Чарвакское водохранилище меняется в зависимости от дней недели и сезонов. Идентификация туристов, прибывающих на водохранилище, осуществляется по методике, установленной в отделениях «Туристической полиции», организованных областным Управлением внутренних дел.

Этот метод определяется по количеству проезжающих мимо автомобилей с помощью камер, установленных на обочине дорог вокруг водоема, в среднем за одну машину, направляющуюся в сторону водоема, принимают 3 туриста. По данным туристической полиции в будние дни водохранилище посещают в среднем 1500 туристов, а в выходные – 7–8 тысяч. Вышеуказанные туристы в основном посещают пляжи, гостевые дома и другие виды туристических объектов, расположенных вокруг водохранилища в летний сезон.

В данном исследовании методом полевых наблюдений были выявлены следующие виды туризма в районе Чарвакского водохранилища.

Пляжный туризм – песчаные участки в восточной и южной частях Чарвакского водохранилища посещаются местными и иностранными туристами в основном в летние и ранние осенние месяцы.

Трекинг – туризм по районам с красивыми пейзажами природы, прогулка по склону горы и вокруг водохранилища. В основном в восточной части водохранилища установлены площадки для осмотра водоема, а в конце весны и начале лета есть возможность полюбоваться красотой природы.

Вейкбординг – расположение Чарвакского водохранилища в межгорной долине является базой для формирования горно-долинных ветров и развития вейкбординга.

Параглайдинг – с помощью двухоболочковых планирующих парашютов создаются благоприятные условия для любителей экстремальных путешествий, а сверху можно увидеть водопад, скалы и горные хребты вокруг водохранилища.

Дельтапланеризм – полеты на дельтаплане позволяют увидеть красивую природу водоема сверху, поэтому летать можно в основном со второй половины весны до первой половины осени.

Активное путешествие – туристы могут увидеть водопады, пещеры и природные рекреационные объекты в этом районе.

Сегодня в результате усиления внимания государства к туристической зоне Чарвак появляются новые туристические возможности, такие как: экстремальный туризм, этнический туризм, спелеотуризм и гастрономический туризм. Эти туристические возможности являются причиной усиления антропогенного воздействия на регион.

В течение года в Чарвакское водохранилище сбрасывается 960 т бытовых и различных отходов (пластиковая тара, кожура фруктов и овощей и др.).

Из-за того, что большая часть отходов приходится на летний сезон, на поверхности воды образуются кучи отходов, что затрудняет попадание солнечных лучей на воду.

По наблюдениям изменения водного режима Чарвакского водохранилища в течение 2021 г. подъем уровня воды начинается в мае в 3 реках: Чаткал, Пскем, Косув и 11 ручьях: Кульченген, Янгикурбан, Ноували, Кайнар, Эшаккоприк, Бойбак, Чимган и др. Это наиболее загруженный водный период. С августа уровень воды Чарвакского водохранилища начинает снижаться из-за расхода большого количества воды на нужды сельского хозяйства и сокращения воды в реках, насыщенных снеговой и ледяной водой (рис. 1) [3].

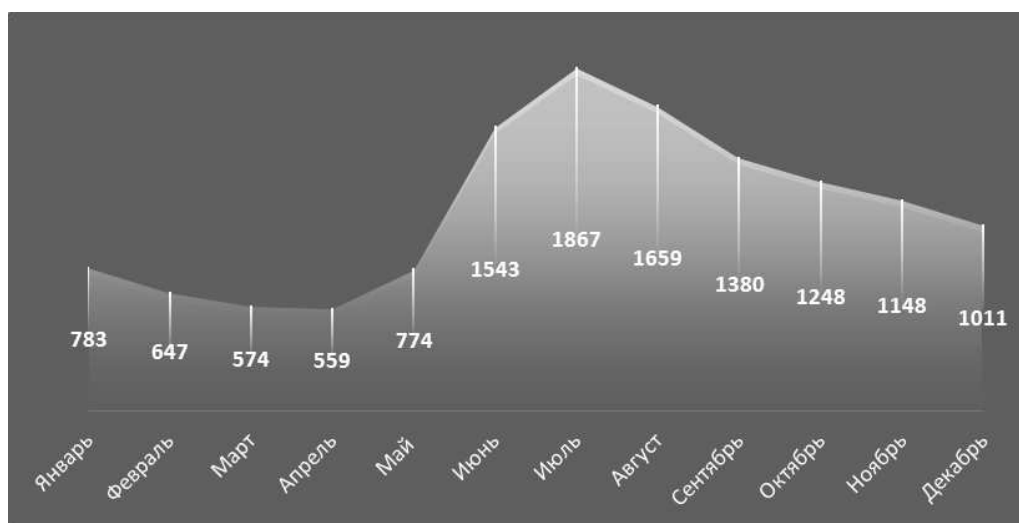


Рис. 1. Изменение водного режима Чарвакского водохранилища в 2021 г. (млн куб. м)

В результате полевых исследований, проведенных в зоне Чарвакского водохранилища, установлено, что на его берегу в населенных пунктах Бричмулла и Яккатут на затопленных участках залегают илистые породы. В результате забора воды в сельскохозяйственных целях в водохранилище обнажаются скопления илистых пород шириной около 1 м в наиболее густонаселенных местах. Площадь таких участков составляет 200–300 га. В населенных пунктах горно-долинный ветер, дующий в Чарвакскую котловину, вызывает запыление – загрязнение окружающей среды пылью, действующей в том числе и на человека.

Пыль, поднятая в этом районе, разносится в ноябре–марте, а видимость в некоторых районах составляет 20–25 м. Это вызывает инфекционные заболевания у населения. Данная экологическая проблема наблюдается практически во всех восьми населенных пунктах, расположенных вокруг Чарвакского водохранилища. Пылевое загрязнение воздуха оказывает негативное влияние на органы дыхания, пищеварительную систему и иммунную систему людей [4].

Дисперсия и размер пыли определяет ее стойкость в воздухе, способность проникать в дыхательные пути и глубину проникновения. Чем меньше

размер пыли, тем глубже она проникает в дыхательные пути, тем больше задерживается в легких и повышает риск легочных заболеваний. При дыхании в альвеолы попадают частицы размером до 5 мкм. 10 мкм, может поражать органы зрения, вызывать воспаление глаз, конъюнктивит, профессиональную катаракту, повышать чувствительность слизистой оболочки и роговицы глаз, а также усиливать выделения из глаз. Загрязнение кожи пылью разного состава вызывает различные виды дерматитов и экзем. Основное действие пыли проявляется прежде всего при ее вдыхании. Вдыхание запыленного воздуха может привести к развитию поражения органов дыхания: бронхита, пневмокониоза или общего поражения. Некоторые виды пыли могут вызывать дополнительные заболевания. К ним относятся заболевания верхних дыхательных путей, слизистых оболочек глаз, кожи. Попадание пыли в легкие может создать условия для развития пневмонии, туберкулеза, рака легких. Уровень заболеваемости населения, проживающего вокруг Чарвакского водохранилища, также меняется в связи с процессом понижения уровня воды в водохранилище. Если обратить внимание на динамику роста заболеваний органов дыхания за 2021 г. в микрорайонах Сиджак, Нанай, Богистан, Боладала, Бричмулла, Яккатут, Янгикурбан, Навабад, изображенного на рисунке 2, то в зоне Чарвакского водохранилища она приходится на период, когда уровень воды снижается. Болезнь наблюдается в основном в населенных пунктах Сиджак и Юсупхона. Эти населенные пункты расположены в северной и южной частях водохранилища, что обусловлено несколькими факторами, такими как их противоположность горно-долинным ветрам, дующим с востока весной и осенью, отсутствием естественных лесов, наличием эрозионных процессов в почвенном слое местности.

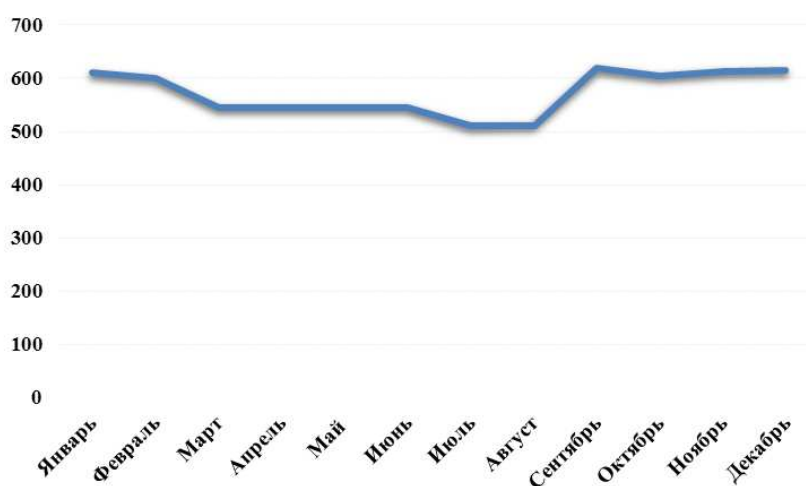


Рис. 2. Динамика заболеваний органов дыхания среди населения, проживающего в районе Чарвакского водохранилища, ежемесячно

В ноябре, декабре, январе, феврале, марте в результате увеличения количества пыли, образующейся в таких населенных пунктах, как Сиджак,

Нанай, Богистан, Боладала, Бричмулла, Яккатут, Янгикурган, Навабад растет заболеваемость органов дыхания.

Пыль, образующаяся вокруг Чарвакского водохранилища, вредна не только для людей, но и для флоры и фауны. Исходя из особенностей рельефа местности, по Чарвакскому водохранилищу разбросаны подходящие для этой местности растения. Если анализировать по видам растений, то можно встретить виды растений, эндемичные для предгорий вокруг водохранилища. Например, здесь много кустарников и деревьев, таких как липа, миндаль, можжевельник, береза. Когда поднимается пыль, листья этих растений покрываются пылью, что замедляет процесс фотосинтеза. Это, в свою очередь, приводит к ухудшению экологической обстановки в районе исследования, уменьшению из года в год растительного покрова и, как следствие, разрушению экосистемы в районе Чарвакского водохранилища. Для снижения этих негативных последствий необходимо высаживать подходящие для территории Чарвакского водохранилища деревья и кустарники, проводить за ними сезонный уход и постоянно ухаживать за ними. Необходимо установить электронный контроль потока отдыхающих и туристов, приезжающих на отдых в район водохранилища.

Библиографический список

1. Солиев А., Каршибаева Л. Теоретические и практические вопросы экономической географии. Ташкент, 1999. 180 с.
2. Supe G. N., Gawande S. M. Effects of Dustfall on Vegetation // International Journal of Science and Research. 2015. Vol. 4. Iss. 7. P. 2184–2188.
3. Годовой отчет Чарвакского водохранилища Бостанлыкского района Ташкентской области за 2022 год.
4. Опасное воздействие пыли [Электронный ресурс]. – URL: <https://yuz.uz/uz/news/changning-odam-organizimi-uchun-khavfli-tasiri-va-uni-dini-olish> (дата обращения: 20.03.2023).

РЕКРЕАЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Р. Н. Хазеев, В. В. Соловьева

*Самарский государственный социально-педагогический университет,
solversam@mail.ru*

В статье дается характеристика пяти водохранилищ, имеющих помимо водохозяйственного значения, рекреационное использование. Все они созданы в разное время, отличаются морфометрическими признаками и характером использования. Наибольший рекреационный потенциал имеет Кутулукское и Черновское водохранилища, наименьший – Ветлянское.

Ключевые слова: водохранилища, рекреационный потенциал, рекреационное значение, Самарская область.

Самарская область расположена в средней полосе России, для нее характерно многообразие климатических и природных условий. Жаркое лето и морозная зима, леса и степи, горы и равнины, реки и озера, водохранилища и пруды обеспечивают каждого любителя общения с природой большими возможностями выбора мест отдыха в любое время года, в соответствии с его вкусами и наклонностями.

Природа нашего края разнообразна и богата. Посещая ее живописные и неповторимые по красоте уголки, рыболовы, охотники, грибники, собиратели ягод, туристы и другие любители природы получают необходимые каждому человеку эмоциональные впечатления, которые обеспечивают здоровый образ жизни и снимают накопившуюся от городской суеты физическую и духовную усталость. Таким образом, заявленная нами тема актуальна и имеет практическую значимость.

Целью нашей работы явилось изучение рекреационного потенциала некоторых водохранилищ Самарской области. При этом под рекреационным потенциалом мы понимаем реализацию природных возможностей водных экосистем с целью туризма, любительской рыбалки, отдыха, а также проведения биологических и экологических экскурсий.

По Н. Ф. Реймерсу рекреационный потенциал – степень способности природной территории оказывать на человека положительное физическое, психическое и социально-психологическое воздействие, связанное с отдыхом, являющимся одним из показателей природно-ресурсного потенциала [1].

Д. В. Николаенко под рекреационным потенциалом понимает совокупность природных, культурно-исторических и социально-экономических предпосылок для организации рекреационной деятельности на определенной территории [2]. Очень часто под рекреационным потенциалом понимается наличие на территории определенных уникальных или, по крайней мере, интересных не только для местных жителей объектов.

Для оценки рекреационных условий использована методика, предложенная В. Н. Жердевым и Т. В. Зязиной [3]. Для рекреационной оценки ландшафтов использовалась шкала, разработанная коллективом авторов под руководством В. С. Моисеева [4] (табл.).

1. Кутулукское водохранилище создано в 1941 г. с целью орошения и организации рыбного хозяйства. Это среднее по размеру водохранилище. Его длина 13,7 км, ширина от 1,4 до 2,5 км. Средняя глубина около 4,7 м, максимальная до 16 м. Здесь разводят таких промысловых рыб, как сазан, лещ, судак, язь и другие. Рыбопродуктивность водохранилища – 361 кг/га. [5]. Водохранилище имеет рекреационное значение, имеется дом охотника и рыболова.

2. Таловское водохранилище создано в 1951 г. Территория водоема окружена защитными лесополосами. Водоем зарыблен хозяйственным способом, здесь обитают карп, окунь, сазан, карась, и ценная редкая рыба – бестер [6]. Использование ресурсов водоема контролируется Таловским охотохозяй-

ством. Хорошее озеленение и охрана водоема позволяет успешно использовать его для рекреационных целей.

3. Черновское водохранилище создано в 1953 г. Водоем имеет длину до 6 км при ширине около 1 км. Наибольшая глубина составляет 11,6 м. Водоем используется населением для купания и рыбной ловли. На левом берегу расположен дом охотника и рыболова совхоза «Черновский», контролирующей его использование. В 1995 г. в водохранилище запущено 130 тысяч годовалых карпов [6]. Кроме того, здесь распространены щуки, окуни, сазаны, плотва, уклея, которые привлекают к себе любителей рыбной ловли.

Таблица

**Показатели рекреационного потенциала водохранилищ
(по пятибалльной системе)**

Показатели	Номера водохранилищ				
	1	2	3	4	5
Живописность ландшафта Ландшафт имеет высокие (отличные) показатели по состоянию древесно-кустарниковой растительности и других элементов. Возможно ее использование для отдыха без дополнительных мероприятий, передвижение удобно во всех направлениях	5	5			5
Ландшафт имеет средние (хорошие) показатели. Отдельные компоненты требуют проведения восстановительных мероприятий по улучшению состояния для отдыха			4		
Ландшафт имеет больше плохих показателей, чем хороших. Требуется проведение восстановительных мероприятий, значительных капитальных затрат для организации отдыха, передвижение затруднено во всех направлениях				3	
Доступность транспорта Расстояние от федеральной дороги	3	4	3	3	3
Автомобильные дороги местного значения	5	4	4	4	5
Интервал движения общественного транспорта	0	0	0	0	0
Близость к населенным пунктам	4	4	5	4	4
Видовое разнообразие ихтиофауны	5	5	4	3	4
Фиторазнообразие водоема	4	4	3	2	3
Наличие Дома охотника и рыболова	5	0	5	0	0
Оборудованные места для рыбалки и отдыха	3	4	4	2	2
Условия познавательности отдыха наилучшие – многочисленные и разнообразные объекты	5				
хорошие – многочисленные		4	4		
удовлетворительные – малочисленные				3	3
плохие – незначительные, однообразные объекты					
весьма плохие – единичные или отсутствие таковых					
Итого	39	34	36	24	29

4. Ветлянское водохранилище создано в 1955 г., это водоем сезонного регулирования. Длина водоема 7 км, максимальная глубина до 12 м. Ледовый покров появляется с конца октября и сохраняется до конца апреля, толщина

льда достигает 0,9 м. Предназначено оно для орошения сельскохозяйственных полей. Водоохранилище является также местом водопоя домашних сельскохозяйственных животных, используется для рыбной ловли и отдыха местных жителей. Водоохранилище богато такими водными обитателями как карп, карась, щука, линь, окунь, плотва, уклейка [6].

5. Кондурчинское водоохранилище создано в 1981 г. на базе реки Кондурчи. Длина водоема 7 км. Максимальная ширина 2,5 км, минимальная – 0,9 км. Наибольшая глубина 11,5 м, средняя – 3,81 м. Площадь водного зеркала 6,93 кв. км. Имеются защитные лесополосы, аншлаги с информацией о правилах использования водоема. Все это имеет не только экономическое, природоохранное и эстетическое значение, но и повышает экологический потенциал аквального комплекса. Водоем зарыблен хозяйственным способом, здесь обитают щука, карп, окунь, карась.

Рекреационное качество водоохранилищ в результате оценивается по сумме баллов от 50 до 10 (от наилучших до непригодных), причем приведенным методом возможна более детальная дифференциация объекта, выявляющая наиболее привлекательные и перспективные участки для организации отдыха. Наилучшими показателями рекреационного использования характеризуется Черновское и Кутулукское водоохранилища, худшими – Ветлянское водоохранилище.

Библиографический список

1. Реймерс Н. Ф. Природопользование : словарь-справочник. М. : Мысль, 1990. 639 с.
2. Николаенко Д. В. Рекреационная география. М. : Владос, 2003. 288 с.
3. Жердев В. Н., Зязина Т. В. Научные основы рекреационного природопользования Воронежской области. Воронеж : Изд-во Воронеж, гос. пед. ун-та, 2003. 164 с.
4. Строительство и реконструкция лесопарковых зон: на примере Ленинграда / под ред. В. С. Моисеева. Л. : Стройиздат, 1990. 288 с.
5. Соловьева В. В. Геоэкологические условия и динамика растительного покрова Кутулукского водоохранилища // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 8, № 1. Спец. выпуск «Актуальные вопросы экологии». Вып. 5. 2006. С. 316–331.
6. Дружин А. Н., Масленников А. Н. По водоемам Самарской области. Самара : «Новая техника», 1997. 136 с.

ПРОБЛЕМЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА ПРУДОВ ГОРОДА САМАРА

Ю. Ю. Мичурина, В. В. Соловьева

*Самарский государственный социально-педагогический университет,
solversam@mail.ru*

В статье рассматриваются социально-экологические проблемы прудов, расположенных на территории города Самары. Подводятся итоги анкетирования об отношении горожан к состоянию водоемов. Проблема спасения прудов имеет комплексный характер: социально-правовой, экономический и гуманитарный аспекты.

Ключевые слова: пруды, город Самара, благоустройство, экологическое состояние, проблемы охраны.

В конце XIX века в окрестностях старой Самары, на территории монастырей, усадеб, дач и садоводческих хозяйств было создано несколько десятков прудов овражного и копаного происхождения. Однако, горожане эти водоемы называют озерами. В настоящее время они удачно вписались в архитектурный ландшафт современного города [1, 2]. К сожалению, не все пруды имеют эстетичный вид, многие из них находятся на грани гибели и нуждаются в реконструкции.

Водоемы оживляют однообразный городской пейзаж, служат местом отдыха и психологической разгрузки горожан. Пруды имеют важное эстетическое значение и улучшают санитарно-гигиенические условия, способствуя уменьшению задымленности и загрязненности воздуха, на 8–10% увеличивая его прозрачность. Над водной поверхностью идет быстрое рассеивание вредных выбросов, на 30% и более возрастает приход ультрафиолетовой радиации, в лучшую сторону меняется микроклимат прилегающей территории [3–5].

Одними из старых искусственных водоемов, созданных на территории города являются пруды ботанического сада. Об этом свидетельствует план-карта г. Самары 1910 года, которая хранится в областном историко-краеведческом музее имени П. В. Алабина (реконструкция Н. С. Дегтярева, 1991). На более ранних картографических материалах и схеме фактической застройки купеческой Самары 1900 г. в пригородной зоне пруды не отмечены. Таким образом, можно считать, что эти водоемы были созданы в начале XX века на базе оврага Сырого, отрога Постникова оврага. Благодаря профессионализму сотрудников Ботанического сада и бережному отношению к нему жителей города, уже многие десятилетия пруды являются образцами рукотворных водоемов.

Наиболее известными прудами для всех горожан являются «Воронежские озера». Их возникновение следует отнести к началу XX века. Наличие в системе овражных Воронежских прудов, копаного мелководного спускного

водоема, указывает на возможность их рыбоводного использования. Согласно постановлению № 373 администрации Промышленного района г. Самары от 2.10.1991 водоем является памятником природы городского значения [6]. Благодаря усилиям ученых и общественности при содействии Департамента городского хозяйства и экологии администрации г. Самары, здесь организован экологический парк «Воронежские озера» [7].

Существующее ныне положение с городскими озерами не создает благоприятных социально-психологических условий для воспитания юных горожан. Неблагоустроенными остаются водоемы около Экономического университета, в 12 микрорайоне, на ул. Мирной, около 139 школы в Солнечном микрорайоне и другие. Они служат местами стихийных свалок бытового и строительного мусора, рассадниками патогенных микроорганизмов, обостряя паразитологическую ситуацию в городе. Для решения данной проблемы необходимы оперативные меры по реконструкции водоемов, благоустройству, очистке и соблюдению прибрежной водоохранной зоны, чтобы воскресные дни горожане проводили рядом с живой природой.

Для изучения общественного мнения об расположенных в городе прудах и связанных с ними социально-экологических проблемах была разработана анкета «Озера Самары: быть или не быть?» включающая следующие вопросы:

1. Знаете ли Вы, сколько водоемов расположено в черте города Самара?
2. Какое происхождение имеют городские озера?
3. Являются ли городские водоемы объектами научных исследований?
4. Назовите городские пруды, объявленные памятниками природы городского значения.
5. Ходили ли Вы на экскурсию на водоемы в Самарский ботанический сад?
6. Какое значение имеют водоемы для экологии города?
7. Удовлетворены ли Вы состоянием городских озер?
8. Кто должен решать проблемы охраны прудов г. Самары?
9. Имеет ли воспитательное значение отношение горожан к состоянию водоемов?
10. Существует ли необходимость проведения экологической паспортизации водоемов?
11. Ваше социальное положение (школьник/студент, работающий житель города Самары, пенсионер)

В результате было анкетировано 80 респондентов (по 20 человек разного социального статуса: школьники, студенты, пенсионеры, работающие горожане). В результате анализа анкетирования можно сделать следующие выводы.

О существовании водоемов в городе Самара знают 90% респондентов. Только 30% отвечающих знают об искусственном происхождении прудов, созданных на базе оврага или имеющих копаное происхождение. Только 5% опрошенных знают о существовании водоемов, объявленных памятниками

природы городского и регионального значения. Посещали на экскурсии Верхний и Нижний пруды ботанического сада 67% респондентов. Недовольны состоянием городских озер 89% опрошенных и 70% считают, что проблемы охраны прудов должны решать городские власти. Более 50% все респондентов поддерживают мнение, что социально-экологические проблемы существуют и необходимо заниматься решением этих вопросов. Менее 30% опрошенных не согласны с тем, что существуют проблемы и не готовы к их обсуждению, а менее 25% не задумывались вообще о данной тематике. Большинство опрошенных (90%) считают, что отношение горожан к водоемам имеет воспитательное значение. В целом итоги анкетирования таковы: «Озера Самары: быть или не быть?» – ответ очевиден – быть!

Проблема спасения прудов имеет не только практический, но и гуманитарный аспекты. Известно, что окружающая среда влияет на человека не только в отношении его физического здоровья, но оказывает существенное воздействие на формирование личности и его экологических представлений.

Никакие финансовые и материальные вложения в благоустройство прудов не дадут видимого результата до тех пор, пока у большинства детей и взрослых сохранится потребительское отношение к природе. В связи с этим, параллельно с восстановительными работами необходимо с раннего детства воспитывать экологическую культуру, бережное отношение к объектам природы. Таким образом, решение проблемы охраны городских прудов имеет комплексный характер и во многом связано с пока еще низким уровнем развития экологического сознания и культуры горожан, как детей, так и взрослых. Особенно важно учитывать гуманитарный аспект проблемы, когда она решается на профессиональном уровне. Ее правовые и экономические аспекты также во многом зависят от степени экологического сознания специалистов-профессионалов, принимающих конкретные решения. Поэтому именно экологическое образование имеет базовое значение в решении проблемы охраны водных экосистем в городе.

Только последовательное комплексное использование социально-правовых и экономических механизмов, работающих на экологических принципах, позволит решить проблемы благоустройства и сохранения прудов, повысит видовое разнообразие флоры и фауны, обеспечит устойчивость в условиях миллионного города.

Библиографический список

1. Матвеев В.И., Соловьева В.В. Проблемы охраны и рекреационного использования водоемов г. Самары и пути их решения // Методология и методика научных исследований в области естествознания : материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Л. В. Воржевой. Самара, 2006. С. 240–249.
2. Соловьева В. В., Саксонов С. В., Матвеев В. И. Озера Самары: история, биоразнообразие, проблемы охраны : монография. Тольятти : Кассандра, 2014. 129 с.
3. Ершов И. Ю. Гидрофиты в городской среде // Экология промышленного региона и экологическое образование : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Нижний Тагил, 2004. С. 25–27.

4. Кирвель И. И., Лопух П. С., Широков В. М. Благоустройство малых водосборов искусственными водоемами. Мн. : Бел НИИ НТИ, 1989. 63 с.
5. Николаевская З. А. Водоемы в ландшафте города. М. : Стройиздат. 1975. 198 с.
6. Головин В. Н., Соловьева В. В. Старинные пруды в городе Самаре // «Зеленая книга» Поволжья. Охраняемые природные территории Самарской области. Самара : Самарское кн. изд-во, 1995. С. 180–182.
7. Ясюк В. П. Воронежские пруды: история, биота, экология // Краеведческие записки. Вып. XIII. Самара, 2004. С. 88–97.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАСХОДОВ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ В ВЕРХНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ КУНДРЮЧЬЯ

А. Д. Сазонов

Гидрохимический институт Росгидромета, alexei.sazonow2016@ya.ru

В настоящей работе рассмотрена временная изменчивость расходов взвешенных наносов в верхнем течении бассейна реки Кундрючья за период 2000–2019 гг. в условиях современного антропогенного воздействия и региональных климатических изменений, определены ключевые причины наблюдаемых изменений.

Ключевые слова: река Кундрючья, взвешенные наносы, антропогенное воздействие, Нижний Дон, Ростовская область.

Река Кундрючья расположена на территории Ростовской области, является левобережным притоком реки Северский Донец (бассейн Нижнего Дона). Ее протяженность составляет 244 км, площадь бассейна – 2320 км². Река берет свое начало на Донецком кряже. Питание реки Кундрючья в основном снеговое. На территории речного бассейна расположены города Новошахтинск, Красный Сулин и множество населенных пунктов [1, 2].

Бассейн реки испытывает высокую антропогенную нагрузку в результате сельскохозяйственной деятельности, последствий угледобывающей промышленности (Восточный Донбасс) [3] и сброса сточных вод предприятий и городских территорий.

Материалами исследования послужили данные государственной наблюдательной сети системы пунктов наблюдений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Под наносами в реке понимаются взвеси, которые переносятся водой. Наносы могут оказывать значительное воздействие на экосистему реки и хозяйственную деятельность человека. Например, избыток наносов может заливать русло реки, снизить качественные характеристики воды. Поэтому мониторинг и управление наносами в реке имеют решающее значение для поддержания здоровой речной системы и устойчивого использования ее ресурсов [4].

Сток взвешенных наносов в реке зависит от многих факторов.

1. Климатические условия: количество осадков, скорость ветра, температура воздуха и воды могут повлиять на количество и скорость перемещения взвешенных наносов.

2. Геологические условия: тип почвы и грунта, наличие определенных горных пород, рельеф местности могут влиять на количество и качество взвешенных наносов.

3. Антропогенные факторы: деятельность человека, такая как строительство гидротехнических сооружений, разработка карьеров и сельскохозяйственная деятельность.

4. Гидрологические условия: скорость течения реки, глубина и ширина русла, наличие препятствий и другие факторы могут повлиять на количество и скорость перемещения взвешенных наносов.

5. Биологические факторы: наличие растительности на водосборной площади может влиять на количество и качество взвешенных наносов.

Перечисленные виды воздействий взаимодействуют друг с другом, поэтому для оценки стока взвешенных наносов в реках необходимо учитывать все эти факторы и проводить комплексный анализ [4].

Как правило, наибольший расход взвешенных наносов наблюдается в период быстрого снеготаяния. Рассмотрение внутригодовой изменчивости расхода взвешенных наносов в реке Кундрючья показывает, что наибольшие его значения достигаются в весенний период (рис. 1). Это обусловлено ростом водности реки в данные месяцы [1].

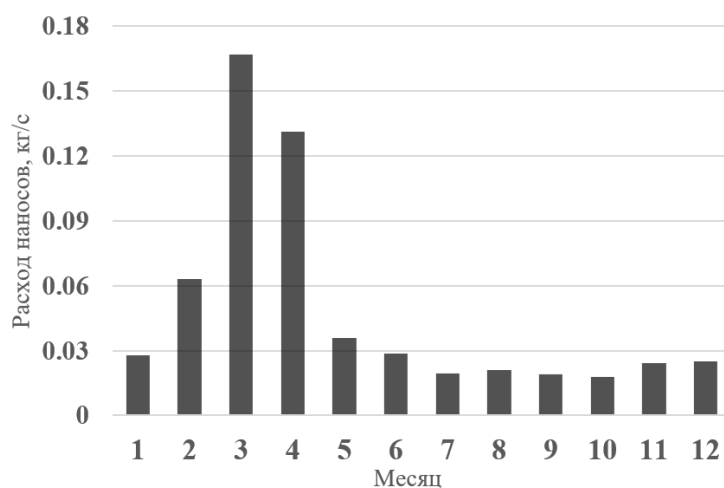


Рис. 1. Внутригодовая изменчивость расхода взвешенных наносов в р. Кундрючья (станция Владимировская) по усредненному периоду 2000–2019 гг.

В таблице представлены результаты обработки информации расходов взвешенных наносов реки Кундрючья в пункте наблюдений станция Владимировская (136 км от устья) за период 2000–2019 гг.

**Расход взвешенных наносов в реке Кундрючья
(станция Владимировская)**

Период, годы	Расход воды, м ³ /с	Расход наносов, кг/с
2000–2004	4,09	0,10
2005–2009	3,47	0,06
2010–2014	2,22	0,03
2015–2019	1,52	0,01

Рассматривая полученные результаты, представленные в таблице, можно отметить, что в связи с сокращением водности реки за рассматриваемый период в 2,7 раз произошло несоизмеримое сокращение расхода взвешенных наносов в 10 раз. Это может свидетельствовать о том, что для данного участка реки поверхностный водный сток является ключевым фактором поступления взвешенных веществ в речную сеть.

Прежде всего сокращение водного стока вызвано региональными климатическими изменениями, которые распространяются и на изучаемый участок бассейна реки [5]. Как известно, засушливый климат может существенно снижать водность рек. В условиях недостатка выпадений атмосферных осадков уровень подземных вод понижается, что приводит к уменьшению потока воды в реках. Кроме того, в засушливых условиях поверхностные воды быстрее испаряются, что также влияет на снижение водности рек.

В последние годы на территории Ростовской области происходит уменьшение выпадений атмосферных осадков. Сокращение выпадений атмосферных осадков происходит на фоне роста температуры воздуха, что свидетельствует о постепенном усилении засушливости (рис. 2).

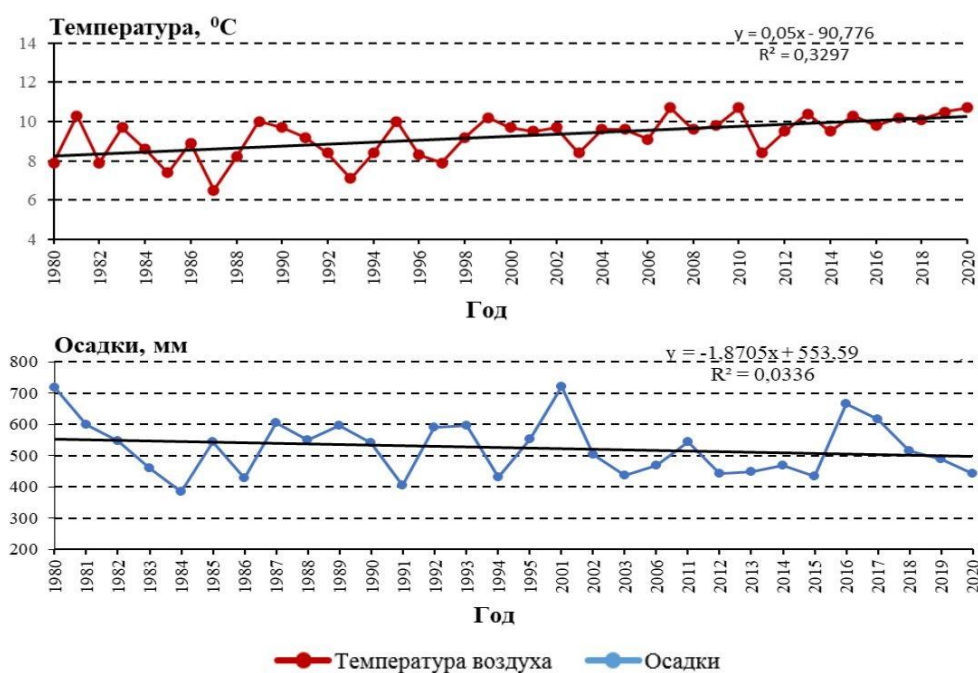


Рис. 2. Временная изменчивость климатических параметров по данным метеостанции г. Шахты [6]

Засушливые условия в свою очередь могут приводить к увеличению интенсивности процесса ветровой эрозии почвенного покрова, что тоже может отражаться на росте стока взвешенных наносов в реке. Однако в данном случае поверхностный водный сток является ключевым фактором поступления взвешенных веществ в речную сеть с территории сельскохозяйственных угодий и урбанизированных территорий.

Еще одним немаловажным фактором поступления взвешенных наносов в речной бассейн являются шахтные воды. В процессе закрытия многих шахт в пределах водосборного бассейна р. Кундрючья произошло их затопление [7]. В результате происходит вынос шахтных вод на поверхность (рис. 3).

В целом, на сток взвешенных наносов в бассейне р. Кундрючья в большей степени влияют следующие факторы:

- климатические условия, определяющие гидрологический режим;
- сельскохозяйственная деятельность, влияющая на процессы эрозии почвы;
- усиление роли загрязненных (шахтных) вод в питании реки.

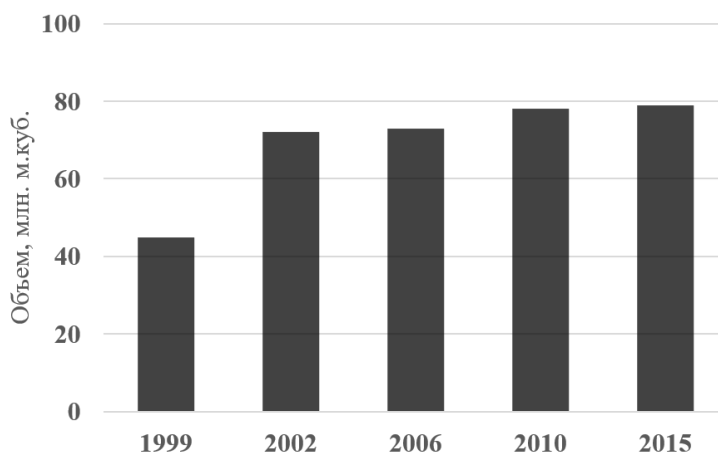


Рис. 3. Объем выноса шахтных вод на поверхность в пределах Восточного Донбасса, млн м³ [8]

Таким образом, сокращение расхода взвешенных наносов в данном случае не является однозначным доказательством благоприятных (в природоохранном смысле) тенденций, так как оно произошло за счет значительного уменьшения водности реки.

Библиографический список

1. Лурье П. М., Панов В. Д. Река Дон: гидрография и режим стока. Ростов-на-Дону : Донской издательский дом, 2018. 591 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 7. Донской район / под ред. Д. Д. Мордухай-Болтовского. Л. : Гидрометеиздат, 1964. 267 с.
3. Решетняк В. Н., Закруткин В. Е., Гибков Е. В. Интегральная оценка техногенного загрязнения речных отложений углепромышленной территории Восточного Донбасса // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 80–87. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-080-087

Хортон Р. Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. Гидрофизический подход к количественной морфологии. М. : Государственное изд-во иностранной литературы, 1948. 158 с.

5. Панов В. Д., Лурье П. М., Ларионов Ю. А. Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра. Ростов-на-Дону : Донской издательский дом, 2006. 487 с.

6. Габова В. Н. Динамика засушливых периодов на примере бассейнов Соколовского водохранилища и Таганрогского залива // Инженерный Вестник Дона. 2021. № 10 (82). С. 226–239.

7. Закруткин В. Е., Гибков Е. В. Техногенные геохимические потоки угледобывающих территорий и их влияние на окружающую среду (на примере Донецкого бассейна) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2016. № 3 (191). С. 66–71.

8. Гавришин А. И. Оценка качества химического состава поверхностных вод в восточном Донбассе // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2019. № 4. С. 61–67. doi: 10.31857/S0869-78092019461-67

ФОТООКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДООЧИСТКА КРАСИТЕЛЯ, ИМИТИРУЮЩЕГО ОБЩИЙ ПОТОК СТОЧНЫХ ВОД

С. А. Мирзалимова¹, Е. Ю. Киришина¹, М. Г. Мухамедиев²

*¹ НИИ окружающей среды и природоохранных технологий,
mirzalimova_sabi@mail.ru*

² Национальный университет Узбекистана, mtixamediev@mail.ru

В статье представлены результаты исследования фотоокисления модельного раствора, имитирующего общий поток сточных вод красильного отделения после электрохимической деструкции в электролизере с нерастворимыми анодами.

Ключевые слова: электрохимическая деструкция, фотоокисление, активные красители, сточные воды.

Текстильное производство занимает особое место в промышленности Республики Узбекистан. На сегодняшний день существуют различные ассортимент органических красителей, однако самый эффективный класс красителей – это активные красители, которые имеют множество положительных характеристик, такие как яркость, устойчивость к мокрым обработкам и свету и др. [1]. Несмотря на это, они обладают сильным токсичным воздействием на водные ресурсы, уничтожая биоразнообразие нашей Республики.

Рассматривая текущее состояние методов очистки сточных вод от красителей, нужно отметить их разнообразие, при этом сохраняется поиск новых высокоэффективных методов обезвреживания сточных вод от красителей.

Использование электрохимических процессов для удаления красителей из окрашенных стоков один из распространенных методов очистки. Основные преимущества электрохимического метода деструкции органических за-

грязнений является универсальность, простота эксплуатации и отсутствие образования осадка во время обработки [2].

Электрохимическая обработка, как правило, основана на удалении загрязняющих, токсичных веществ непосредственно с поверхности анода путем образования $\text{OH}\cdot$ [3] и/или других окислителей, таких как хлор, персульфат и др. Материал анода играет важную роль в электродеструкции (ЭД) органических загрязнителей. В технологии водоочистки наибольшее распространение нашли размерно-стабильные аноды (DSA), изготовленные из титана, покрытого тонким слоем оксида рутения или иридия.

Присутствие в сточных водах текстильных фабрик хлорид-ионов интенсифицирует процесс электрохимической деструкции за счет образования активного хлора, обладающего особенно большим запасом химической энергии в момент его образования. Однако, установлено, что не полностью используется окислительная способность продуктов электролиза (активного хлора) в процессе очистки.

Окислительные методы очистки сточных вод обеспечивают более полную деструкцию сложных органических веществ под воздействием окислителей до простых соединений, легко усваиваемых микроорганизмами в ходе биологической очистки или в процессах самоочищения водоемов [4–6]. Главной особенностью таких методов является то, что они основаны на двух последовательных стадиях: генерировании активных частиц и их взаимодействии с загрязняющими веществами, растворенными в воде.

Использование технологии доочистки сточных вод текстильных предприятий на основе объединенных окислительных процессов электрохимического и фотоокислительного методов позволит получить более глубокую деструкцию трудно окисляемых органических веществ при наличии избыточной концентрации активного хлора.

Поэтому в задачи исследования входило изучение метода фотоокислительной деструкции для улучшения эффективности работы сооружений электрохимической очистки сточных вод текстильных предприятий.

Исследования по определению технологических параметров процесса фотоокислительной доочистки общего потока сточных вод проводили на имитате сточных вод, приготовленном путем разбавления отработанных технологических растворов красильных производств: отработанные ванны крашения с активным красителем смешивались с отработанными растворами подготовительных операций и разбавлялись умягченной водой в соответствии с технологическим регламентом процесса обработки трикотажного полотна.

Для первого этапа очистки использовали диафрагменный электролизер, представляющий цилиндрический корпус, где соосно расположены перфорированные аноды из титана, покрытого оксидами рутения (ОРТА), и перфорированные катоды из нелегированной стали. Анодная и катодная камеры разделены инертной мембраной, обеспечивающей герметичное разделение пространств. Анодная камера имеет объем $2,0 \text{ дм}^3$, катодная камера – $1,0 \text{ дм}^3$.

Для проведения второго этапа экспериментов собран лабораторный непроточный фотохимический реактор с внешним источником излучения. В качестве источника света использована лампа ртутного излучения низкого давления с максимальной эмиссией в основном при длине волны 254 нм (55 Вт, Philips TUV T8). Интенсивность излучения УФ лампы – 70 мВт/см². УФ-лампа установлена параллельно отражателю в верхней части фотореактора на расстоянии 200 мм от рабочей поверхности раствора. Для предотвращения перегрева ламп и выведения тепла за пределы реактора используется система воздушного охлаждения с электрическими вентиляторами. Внутренняя поверхность фотореактора изготовлена из полированной нержавеющей стали для максимального отражения света.

Эффективность обесцвечивания определяли по формуле:

$$\Theta\% = \left(\frac{C_0 - C_t}{C_0} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

где C_0 – исходная концентрация красителя, мг/дм³; C_t – концентрация красителя за время обработки t , мг/дм³.

Измерения проводили сразу после обработки при длине волны видимого максимального поглощения красителей.

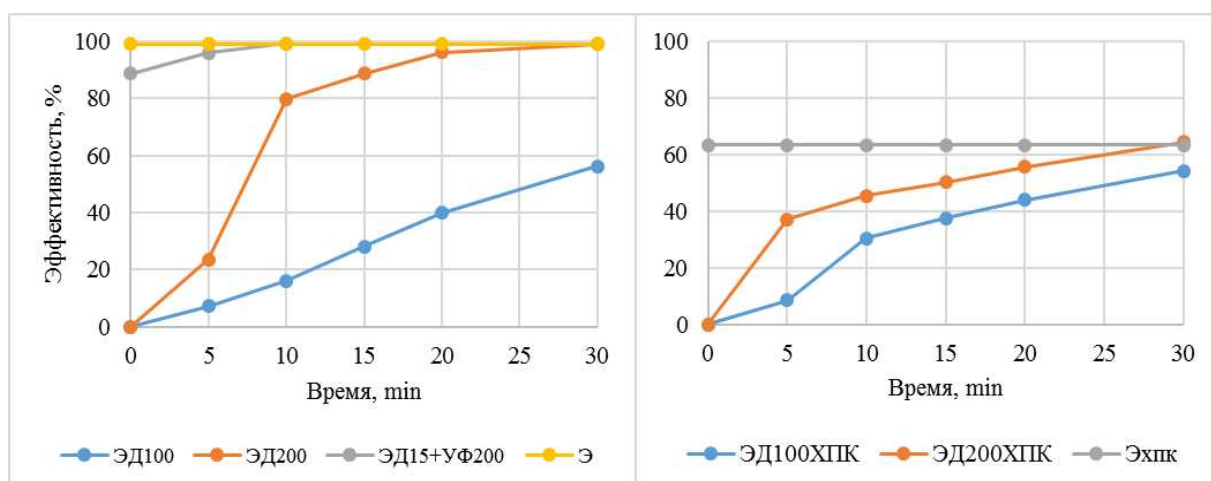


Рис. Зависимость эффективности обесцвечивания (а) и удаления ХПК (б) активного красного (АК) красителя в зависимости от времени процесса ЭД+УФ ($C[\text{АК}] - 100,3 \text{ мг/дм}^3$, $C[\text{NaCl}] - 4,86 \text{ г/дм}^3$, $\text{pH} - 10,39$, ХПК – 1362 мгО/дм^3 , комнатная температура, УФ – 254 нм, 55 Вт. ЭД100, ЭД200 – плотность тока 100, 200 А/м², ЭД15+УФ200 – УФ обработка после ЭД АК в течение 15 минут при плотности тока 200 А/м², Э – эффективность, при которой достигается концентрация АК 1,0 мг/дм³ ЭД100, 200ХПК при плотностях тока 100, 200 А/м²

Как видно из рисунка эффективность обесцвечивания при времени обработки 30 мин в процессе ЭД100 составила 56%, снижение ХПК – 52%. Низкая эффективность ЭД при плотности тока 100 А/м² связана с низкой скоростью образования активного хлора в процессе ЭД. Необходимый эффект

очистки обеспечивается при увеличении плотности тока до 200 А/м² и времени обработки до 30 мин. При этом при времени обработки 15 минут эффективность обесцвечивания составляет 72%, при УФ-обработке эффективность за 15 минут позволяет достичь конечной концентрации красителя $\leq 1,0$ мг/дм³.

Таким образом, при использовании на первом этапе ЭД, а на 2 этапе – УФ-обработки происходит высокая эффективность обесцвечивания сточных вод красильного отделения, что доказывает результативность комбинированного метода очистки.

Библиографический список

1. Вертинский А. П. Физико-химические методы очистки сточных вод: проблемы, современное состояние и возможные пути совершенствования // Инновации и инвестиции. 2019. № 11. С. 257–261.
2. Скворцов С. С., Журова Н. Е. Прогрессивные методы очистки сточных вод промышленных предприятий // Теоретические и практические основы научного прогресса в современном обществе : сборник статей Междунар. науч.-практ. конф. (25 ноября 2021 г., г. Ижевск). В 2 ч. Ч. 2. Уфа : Аэтерна, 2021. С. 69–73.
3. Tran L. H., Luu T. L. Fabrication of textile wastewater treatment block unit using electrochemical method // Desalination and Water Treatment. 2020. Vol. 187. P. 24–29. doi: 10.5004/dwt.2020.25273
4. Treatment of textile wastewater using advanced oxidation processes – a critical review / Zh. Yiqing, K. Shaad, D. Vollmer, C. Ma // Water. 2021. Vol. 13. No. 24. Article No. 3515.
5. Окислительный метод очистки сточных вод предприятий деревообрабатывающей промышленности / А. К. Мазитова, И. А. Сухарева, А. Ф. Аминова, Г. Г. Ягафарова, Р. И. Хангильдин, Э. Г. Мухаметзянова // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 75–80. doi: 10.25750/1995-4301-2020-4-075-080
6. Морозов А. Н., Тхант З. П., Почиталкина И. А. Фотокаталитическая деструкция азокрасителей в воде с использованием высокоупорядоченных нанотрубчатых пленок диоксида титана // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 111–118. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-111-118

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Е. Л. Никитина, В. А. Крылова

Ярославский государственный технический университет, info@ystu.ru

Полноценное извлечение тяжелых металлов из сточных вод и отработанных технологических растворов промышленных предприятий обусловлено ценностью самих металлов и необходимо для защиты окружающей среды. Медьсодержащие отработанные растворы являются отходами гальванического производства, производства печатных плат, искусственных волокон и представляют собой чрезвычайно устойчивые комплексные соединения меди.

Ключевые слова: цементация, гальванокоагуляция, механохимический процесс, электромагнитный аппарат.

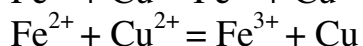
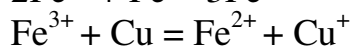
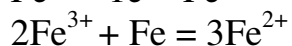
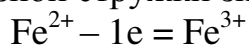
В настоящее время одной из важных экологических проблем является нарастающее количество отработанных гальванических растворов и невозобновляемых гальванических шламов [1, 2]. На предприятиях, имеющих участки электрохимического и химического меднения, а также электролитическое осаждение сплавов на основе меди, вынуждены их хранить в антикоррозионных емкостях на территории предприятия. Отработанные высококонцентрированные технологические растворы, содержат значительное количество высокотоксичных веществ, что приводит к увеличению нагрузки на местные очистные сооружения, кроме того, соединения, входящие в состав отработанных растворов, могут выступать в качестве вторичного источника сырья. Сброс отработанных растворов без их предварительной очистки в канализационную сеть предприятия не только наносит большой ущерб окружающей среде, но и существенно увеличивает стоимость основного технологического процесса из-за высоких платежей [3, 4]. Значительная рыночная стоимость металлической меди делает все более актуальным ее извлечение из высококонцентрированных растворов. Ионы меди обладают высокой реакционной способностью и образуют стабильные высокотоксичные растворимые комплексные соединения в водной среде водоемов. Величина ПДК для ионов меди составляет $0,001 \text{ мг/дм}^3$. Практическое значение имеет возможность очистки отработанных растворов и повторного использования в промышленном производстве очищенной воды.

Для селективного извлечения ионов меди из кислых вод чаще всего используются гальванические методы: цементация, гальванокоагуляция и др. Самым простым и эффективным способом извлечения ионов меди Cu^{2+} из кислых растворов является цементация меди на железе [5]. Способ цементации, в отличие от электрохимического восстановления меди, является ресурсо- и энергосберегающей технологией, отличается простотой и эффективностью всех стадий процесса, позволяет получать ценное вторичное сырье, обладает высокой степенью извлечения меди из раствора и значительно снижает попадание вредных веществ в водоем. Интенсивное перемешивание, диспергирование, высокие локальные давления за счет движения магнитно-твердых (МТМ) и магнитно-мягких (МММ) материалов в электромагнитных аппаратах реализуется посредством энергетического воздействия с возможностью инициирования в аппарате механохимических процессов и интенсификации процесса очистки [6, 7].

Исследовались сточные воды с $\text{pH} = 2$, образующиеся на предприятии электронного приборостроения, содержащие катионы меди 74 г/дм^3 и железа 32 г/дм^3 . Технология очистки сточных вод состояла в их обработке в электромагнитном аппарате в присутствии железной стружки. В работе использовали железную стружку крупностью от $0,5\text{--}1,5 \text{ мм}$. Исследовали кинетику цементации ионов меди из технических растворов от соотношения $\text{Cu}^{2+} : \text{Fe}$ $1 : 2$; $1 : 2,5$; $1 : 1,5$ от времени. Наиболее полное осаждение меди происходит в интервале $\text{pH} = 1\text{--}3$. При низких значениях pH возможно протекание побоч-

ной реакции, которая вызывает бесполезный расход железной стружки:
 $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$

При $\text{pH} > 3$ возможно частичное выпадение гидроксида железа(III), который способствует пассивации поверхности стружки и как следствие, задерживает цементацию меди. Известно, что скорость и эффективность цементации в значительной степени зависят от размера частиц восстановителя. Теоретическое соотношение между медью и железом при цементации 8:7, но на практике, вследствие протекания побочных реакций фактический расход железной стружки значительно превышает теоретическое соотношение:



Эффективность восстановления составила 95–97%.

Библиографический список

1. Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я., Кантор Г. Я. Получение неорганических пигментов из отходов гальванических производств // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 1. С. 22–29. doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-022-029
2. Экономический эффект экологической безопасности гальванического производства / А. А. Нестер, А. А. Никитин, О. В. Романишина, В. В. Мыслиборский, С. В. Атаев, О. С. Тютюнник, Н. М. Гордий // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 86–92. doi: 10.25750/1995-4301-2020-4-086-092
3. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. М. : Глобус, 2002. 352 с.
4. Скубилин М. Д., Письменов А. В., Гусев Б. А. Проблемы ресурсосбережения и экологической безопасности в гальванотехнологии // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2004. № 2. С. 46–51.
5. Рагузин Д. В., Сергеева Л. А., Воробьева Д. А. Утилизация отработанных медьсодержащих травильных растворов с помощью процессов цементации // Научно методический электронный журнал «Концепт». 2017. Т. 39. С. 2926–2930.
6. Способ очистки сточных вод от катионов тяжелых металлов. Патент на изобретение RU 2504518 C1, 20.01.2014. / В. М. Макаров, Е. Л. Никитина, Г. А. Ефимова, А. В. Шевелев, М. Е. Касалимова. Заявка № 2012126905/05 от 27.06.2012.
7. Никитина Е. Л., Ефимова Г. А. Способ цементации медьсодержащих растворов. Патент на изобретение RU 2640704 C1, 11.01.2018. Заявка № 2016126873 от 04.07.2016.

КИНЕТИКА СОРБЦИИ ИОНОВ ЦЕЗИЯ И МИКРООРГАНИЗМОВ АЛЮМОСИЛИКАТАМИ КАЛИЯ

*С. Б. Ярусова¹, У. В. Харченко¹, П. С. Гордиенко¹,
Е. А. Нехлюдова¹, И. А. Беленева²*

¹ *Институт химии ДВО РАН, yarusova_10@mail.ru*

² *Национальный научный центр морской биологии
имени А. В. Жирмунского ДВО РАН, beleneva.vl@mail.ru*

В статье приведены результаты исследования кинетических закономерностей сорбции ионов Cs^+ и культуры микроорганизмов *Escherichia coli* синтетическими наноструктурированными алюмосиликатами калия, полученными в многокомпонентной водной системе $\text{KOH}-\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}-\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}$. Выявлены зависимости степени извлечения вышеуказанных поллютантов от времени и от соотношения Si/Al.

Ключевые слова: синтез, алюмосиликаты калия, кинетика сорбции, ионы цезия, микроорганизмы.

Научные исследования в области низкотемпературных методов синтеза алюмосиликатов различных структурных типов с заданными функциональными свойствами, в том числе и с высокими сорбционными свойствами, и в настоящее время являются актуальными.

Известно, что алюмосиликаты щелочных металлов используют в качестве эффективных сорбентов для извлечения различных поллютантов из объектов окружающей среды [1, 2]. Ранее было показано, что синтетический рентгеноаморфный наноструктурированный алюмосиликат калия $\text{KAlSi}_3\text{O}_8 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ характеризуется высокой сорбционной емкостью (до 3,7 ммоль/г) по отношению к ионам Cs^+ , в том числе в условиях различного солевого фона [3]. Методом искрового плазменного спекания на основе данного соединения и его аналога из растительных отходов впервые были получены образцы твердотельных матриц для иммобилизации цезия, подтверждено их высокое качество в соответствии с ГОСТ Р 50926-96 и существующими аналогами [4, 5]. Проведены исследования и сорбционных свойств алюмосиликатов калия относительно тестовых культур микроорганизмов *Escherichia coli* и *Bacillus subtilis* [6]. Установлено, что наибольшая эффективность сорбции (> 86%) наблюдается по отношению к бактериям *Escherichia coli*, что превышает эффективность известного препарата «Белый уголь». Эффективность сорбции *B. subtilis* не превышает 52%.

Целью настоящей работы было исследование кинетических закономерностей сорбции ионов Cs^+ и культуры микроорганизмов *Escherichia coli* синтетическими наноструктурированными алюмосиликатами калия с различным соотношением Si/Al.

Компоненты системы $\text{KOH-Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O-SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O-H}_2\text{O}$ для получения ряда алюмосиликатов с заданным соотношением Si/Al ($\text{KAlSi}_x\text{O}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где $x = 1, 5$, $y = 2(x+1)$) брали в стехиометрическом соотношении из расчета получения безводного алюмосиликата. Методика получения алюмосиликатов описана в [7, 8]. Образовавшийся осадок отделяли от раствора фильтрованием с помощью водоструйного насоса, промывали дистиллированной водой и сушили при температуре 95°C .

Рентгенограммы осадков снимали на автоматическом дифрактометре D8 ADVANCE с вращением образца в Cu K_α -излучении. Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили с использованием программы поиска EVA с банком порошковых данных PDF-2.

Для количественного определения элементного состава применяли энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный метод с использованием спектрометра Shimadzu EDX 800 HS. Термическое поведение изучали с помощью прибора синхронного термического анализа фирмы NETZSCH STA 449 C Jupiter® в атмосфере аргона со скоростью нагрева $10^\circ/\text{мин}$ в интервале температур $20\text{--}1000^\circ\text{C}$. Удельную поверхность определяли методом низкотемпературной адсорбции азота с использованием прибора «Сорботметр-М».

Эксперименты по исследованию кинетики сорбции ионов Cs^+ проводили в статических условиях из водных растворов хлорида цезия с концентрацией ионов Cs^+ $7,67$ ммоль/л, при соотношении твердой и жидкой фаз $T : Ж$, равном $1 : 400$, и температуре 20°C в течение $1, 5, 10, 30, 60, 120$ мин. Через указанные временные промежутки сорбент отделяли от раствора, и в фильтрате определяли концентрацию ионов Cs^+ .

Содержание ионов Cs^+ в растворах определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре Solaar M6 по аналитической линии $852,1$ нм. Предел обнаружения ионов цезия в водных растворах составляет $0,01$ мкг/мл.

Для исследования кинетики сорбции бактерий в работе использовалась тестовая культура микроорганизмов *Escherichia coli* ATCC 15034, хранящаяся в музее культур ННЦМБ им. А. В. Жирмунского ДВО РАН. Кинетику связывания микроорганизмов с сорбентом регистрировали турбидиметрическим методом по изменению концентрации клеток в водной среде с использованием спектрофотометра UV-1280 (Shimadzu).

Рентгенофазовый анализ образцов показал, что полученные соединения являются рентгеноаморфными. Согласно данным элементного и термогравиметрического анализа, полученные образцы соответствуют формулам $\text{KAlSiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и $\text{KAlSi}_5\text{O}_{12} \cdot 2,7\text{H}_2\text{O}$. Удельная поверхность образцов составляет $58,3$ и $182,8$ $\text{м}^2/\text{г}$ для алюмосиликата с соотношением Si/Al 1 и 5 , соответственно [9].

На рисунке 1 приведены кинетические кривые сорбции ионов Cs^+ исследуемыми соединениями.

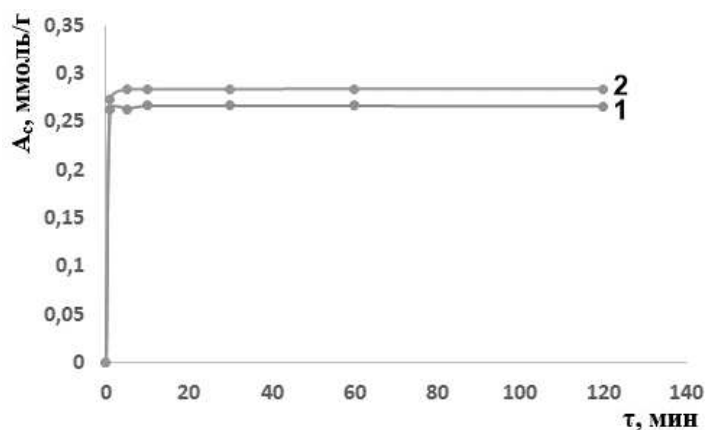


Рис. 1. Кинетические зависимости сорбции ионов Cs^+ алюмосиликатами калия с соотношением Si/Al: 1 – 1, 2 – 5

Следует отметить высокую скорость катионного обмена между сорбентом и раствором. Уже через минуту (без учета времени на фильтрацию) сорбционная емкость $\text{KAlSiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и $\text{KAlSi}_5\text{O}_{12} \cdot 2,7\text{H}_2\text{O}$ составляет не менее 95% от равновесной, а степень извлечения ионов Cs^+ достигает 90%. Подобная зависимость была получена ранее и для $\text{KAlSi}_3\text{O}_8 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ [7].

На рисунке 2 приведены зависимости степени адсорбции культуры микроорганизмов *Escherichia coli* от времени исследуемыми образцами.

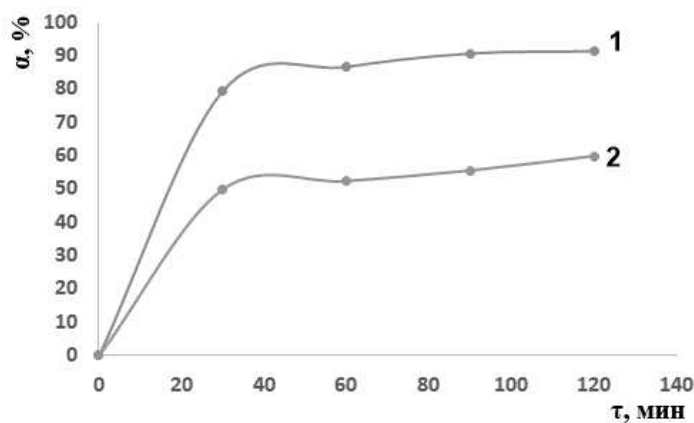


Рис. 2. Зависимость степени адсорбции культуры микроорганизмов *Escherichia coli* от времени алюмосиликатами калия с соотношением Si/Al: 1 – 1, 2 – 5

Как видно из представленной зависимости, предельная степень адсорбции достигает максимума для обоих образцов в течение 60 мин, однако наибольшая эффективность адсорбции исследуемой культуры ($> 90\%$) наблюдается для алюмосиликата калия с соотношением Si/Al, равным 1. Для алюмосиликата калия с соотношением Si/Al, равным 5, степень адсорбции не превышает 60%.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод об определенных перспективах применения наноструктурированных рентгено-

аморфных алюмосиликатов калия с различным соотношением Si/Al, полученных в многокомпонентной водной системе без дополнительного термического воздействия, в качестве сорбентов цезия и микроорганизмов *Escherichia coli*.

Работа выполнена в рамках гос. задания Института химии ДВО РАН № FWFN (0205)-2023-0002.

Библиографический список

1. Cesium Sorption and Desorption on Glauconite, Bentonite, Zeolite, and Diatomite / P. Belousov, A. Semenkov, T. Egorova, A. Romanchuk, S. Zakusin, O. Dorzhieva, E. Tyupina, Y. Izosimova, I. Tolpeshta, M. Chernov, V. Krupskaya // Minerals. 2019. Vol. 9. Article No. 625. doi: 10.3390/min9100625
2. Roshanfekar Rad L., Anbia M. Zeolite-based composites for the adsorption of toxic matters from water: A review // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2021. Vol. 9. Article No.106088. doi: 10.1016/j.jece.2021.106088
3. Sorption properties of nanostructured potassium aluminosilicate / P. S. Gordienko, S. B. Yarusova, I. A. Shabalin, V. V. Zhelezov, N. V. Zarubina, S. B. Bulanova // Radiochemistry. 2014. Vol. 56. No. 6. P. 607–613. doi: 10.1134/S106636221406005
4. Synthesis of amorphous $KAlSi_3O_8$ for cesium radionuclide immobilization into solid matrices using spark plasma sintering technique / S. B. Yarusova, O. O. Shichalin, A. A. Belov, S. A. Azon, I. Yu Buravlev, A. V. Golub, V. Yu Mayorov, A. V. Gerasimenko, E. K. Papynov, A. I. Ivanets, A. A. Buravleva, E. B. Merkulov, V. A. Nepomnyushchaya, O. V. Kapustina, P. S. Gordienko // Ceramics International. 2022. Vol. 48. P. 3808–3817. doi: 10.1016/j.ceramint.2021.10.164
5. A novel approach for rice straw agricultural waste utilization: Synthesis of solid aluminosilicate matrices for cesium immobilization / A. E. Panasenkov, O. O. Shichalin, S. B. Yarusova, A. I. Ivanets, A. A. Belov, A. N. Dran'kov, S. A. Azon, A. N. Fedorets, I. Yu. Buravlev, V. Yu Mayorov, D. Kh Shlyk, A. A. Buravleva, E. B. Merkulov, N. V. Zarubina, E. K. Papynov // Nuclear Engineering and Technology. 2022. Vol. 54. P. 3250–3259. doi: 10.1016/j.net.2022.04.005
6. Синтетические силикаты как перспективная группа материалов для извлечения микроорганизмов из водных сред / С. Б. Ярусова, С. Н. Сомова, У. В. Харченко, П. С. Гордиенко // MedChem-Russia 2021 : 5-я Российская конференция по медицинской химии с международным участием «МедХим-Россия 2021» : материалы конференции, Волгоград, 16–19 мая, 2022 г. Волгоград : Изд-во ВолГМУ, 2021. С. 413.
7. Использование синтетического алюмосиликата для сорбции ионов цезия / П. С. Гордиенко, С. Б. Ярусова, С. Б. Буланова, И. А. Шабалин, В. Г. Курявый // Химическая технология. 2013. Т. 14, № 3. С. 185–192.
8. Патент 2510292 Российская Федерация, МПК В01J 20/30, В01J 20/16. Способ получения сорбента цезия / Гордиенко П. С., Шабалин И. А., Ярусова С. Б. № 2012138231/05; заявл. 06.09.2012; опубл. 27.03.14, Бюл. № 9. 15 с.
9. Состав, структура и морфология наноструктурированных алюмосиликатов / П. С. Гордиенко, И. А. Шабалин, С. Б. Ярусова, А. Б. Слободюк, С. Н. Сомова // Химическая технология. 2016. Т. 17, № 11. С. 487–493.

ВЛИЯНИЕ КРУПНЕЙШИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РАЙОНА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

А. Р. Салтыкова, С. Н. Божко

*Воронежский государственный университет,
saltykova.angelina01@mail.ru, sveta19691@yandex.ru*

В статье представлена динамика выбросов загрязняющих веществ от стационарных и подвижных источников по областям Центрально-Черноземного района за 11 лет. Приведены объёмы выбросов основных загрязняющих веществ.

Ключевые слова: атмосфера, загрязняющие вещества, выбросы, стационарные и передвижные источники.

Загрязнение атмосферного воздуха занимает лидирующее место среди основных факторов риска здоровью населения, связанных с окружающей средой [1–3]. По данным Всемирной организации здравоохранения 91% населения мира живет на территориях, где качество атмосферного воздуха превышает приемлемые уровни загрязнения.

Основными источниками загрязнения атмосферы Центрально-Черноземного района (ЦЧР) твердыми веществами являются добывающая промышленность, производство стройматериалов, энергетика и транспорт; сернистым ангидридом – энергетика, транспорт, химическая и пищевая промышленность (сахарные комбинаты); оксидом углерода – энергетика, транспорт, металлургия, машиностроение и пищевая промышленность (сахарные комбинаты); углеводородами – автотранспорт, транспортировка газа по трубопроводам, химическая промышленность и металлургия; оксидами азота – энергетика, транспорт, машиностроение и металлургия [4].

Наибольший вклад в загрязнение атмосферы ЦЧР вносит Липецкая область, где суммарный выброс поллютантов составляет 363,6 тыс. т. Это 31,7% от общих суммарных выбросов ЦЧР. Данные выбросы в основном приходятся на стационарные источники. В г. Липецке находится большая часть стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха области, на их долю приходится 88,5% всех выбросов [5] (табл. 1).

На втором месте по объему выбросов в атмосферу находится Воронежская область – 287,1 тыс. т. На область приходится 25% от общих выбросов ЦЧР. Здесь большая часть загрязняющих веществ поступает от передвижных источников, это связано с тем, что территория Воронежской области больше остальных областей ЦЧР, и единиц транспорта здесь больше.

На выбросы от стационарных источников других областей приходится: Липецкая – 88,5%; Белгородская – 78,8%; Воронежская – 40,5%; Курская – 64,3%; Орловская – 47,8%; Тамбовская – 48% (табл. 1).

Большая часть загрязнений атмосферы от передвижных источников поступает в Воронежской области, она составляет 59,5%. Доля этих источников в других областях составляет: Белгородская – 21,2%; Курская – 35,7%; Липецкая – 11,5%; Орловская – 52,2%; Тамбовская – 52,0% (табл. 1).

Таблица 1

**Выбросы загрязняющих веществ по областям ЦЧР в 2020 г., тыс. т.
(по данным Министерства природных ресурсов и экологии
Российской Федерации)**

Показатель	Белгородская	Воронежская	Курская	Липецкая	Орловская	Тамбовская	ЦЧР
Суммарные выбросы	212,5	287,1	82,9	363,6	56,9	143,6	1146,6
из них:							
– от стационарных источников	167,5	116,4	53,3	321,9	27,2	69,0	755,3
– от передвижных источников	45,0	170,7	29,6	41,7	29,7	74,6	391,3

Объём выбросов в ЦЧР от стационарных источников и автомобильного транспорта в совокупности на 2020 г. составил 1138,6 тыс. т, что на 13,9 тыс. т меньше, чем в 2019 г. [5–10]. Выбросы от автомобильного транспорта уменьшились на 40,8 тыс. т по сравнению с 2019 г. и на 372 тыс. т по сравнению с 2010 г., составив 383,3 тыс. т. По сравнению с 2019 г. выбросы от стационарных источников увеличились на 26,9 тыс. т, а с 2010 г. 67,6 тыс. т. Объём выбросов от стационарных источников в 2020 г. составил 755,3 тыс. т (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2

**Динамика выбросов загрязняющих веществ
в атмосферный воздух в ЦЧР, тыс. т**

Показатель	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Стационарные источники	687,7	664,5	655,6	655,8	621,3	616,4	621,5	643,4	729,3	728,4	755,3
Автомобильный транспорт	755,3	747,4	752,8	822,2	833,1	843,1	855,5	871,9	878,2	424,1	383,3

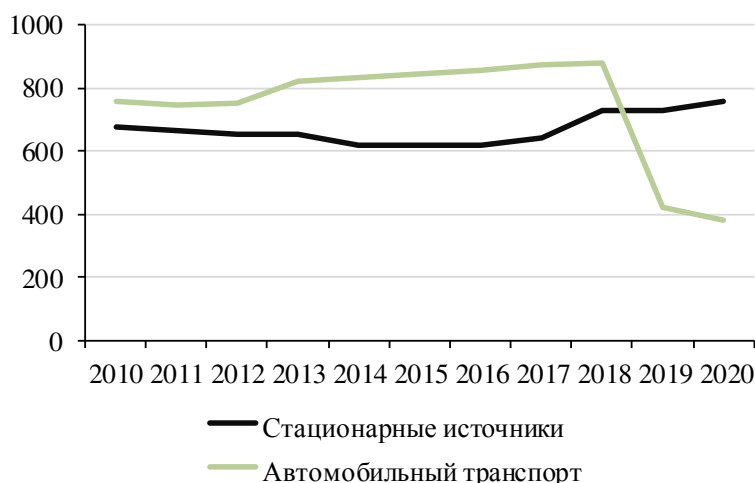


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в ЦФР

Основными загрязнителями атмосферы ЦФР от стационарных источников являются оксид углерода (41%), углеводороды (31%), твердые вещества (8%), оксиды азота (9%), диоксид серы (7%), летучие органические соединения (3%), а также сернистый ангидрид (табл. 3, рис. 2).

Таблица 3

Объемы выбросов основных загрязняющих веществ от стационарных источников по областям ЦФР, тыс. т (2020 г.)

Вещества	Курская	Воронежская	Белгородская	Тамбовская	Липецкая	Орловская	ЦФР
Твёрдые вещества	4,2	9,4	23,1	3,4	20,3	1,3	61,7
Оксид углерода	10,7	23,8	41,1	10,2	215,5	4,9	306,2
Оксиды азота	5,5	11,5	25,0	4,1	22,1	3,0	71,2
Диоксид серы	3,4	1,7	26,6	0,9	21,8	0,1	54,5
Углеводороды (без ЛОС)	27,4	64,3	44,2	47,4	37,4	16,7	237,4
ЛОС	2,1	5,7	7,5	3,0	4,8	1,2	24,3
Всего	53,3	116,4	167,5	69,0	321,9	27,2	755,3

Наибольшие выбросы от стационарных источников твердых веществ, оксидов углерода, азота и серы наблюдаются в Белгородской и Липецкой областях, что объясняется наличием в Липецкой области «Новолипецкого металлургического комбината» (НЛМК), в Белгородской области – Лебединского и Стойлинского ГОКов [5, 6]. Наибольшее количество углеводородов выбрасывается стационарными источниками в Воронежской (АО «Воронежсинтезкаучук» и ОАО «Амтел-Черноземье»), Тамбовской (химические предприятия и Тамбовтерминал), Белгородской (Оскольский электрометаллургический комбинат) и Липецкой (НЛМК) областях [5, 6, 8, 10].

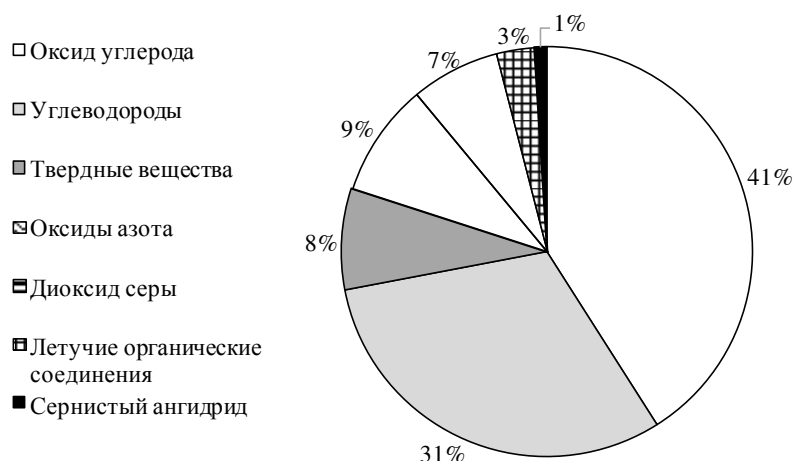


Рис. 2. Основные загрязнители атмосферы ЦЧР от стационарных источников

С 2010 по 2020 годы, уровень выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в ЦЧР повысился с 687,7 до 755,3 тыс. т. В Воронежской области выброс веществ за 11 лет увеличился на 39,1 тыс. т, в Белгородской – на 35,1 тыс. т, в Курской – на 11,9 тыс. т, в Орловской – на 4,4 тыс. т, в Тамбовской – на 22,8 тыс. т. В Липецкой области выброс загрязняющих веществ за этот период уменьшился на 45,7 тыс. т.

Таким образом, суммарный объем выбросов от стационарных источников и автотранспорта ЦЧР составляет 1146,6 тыс. т. Из них на стационарные источники приходится 755,3 тыс. т (66,3%). За 11 лет суммарный объем выбросов в ЦЧР уменьшился на 304,4 тыс. т. за счёт уменьшения выбросов от автомобильного транспорта на 372 тыс. т. (табл. 4).

Таблица 4

**Изменение объема выбросов загрязняющих веществ
от стационарных источников ЦЧР, тыс. т**

Область	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Воронежская	77,3	72,2	78,8	75,8	67,9	69,2	72,7	76,5	103,5	104,9	116,4
Белгородская	132,4	134,5	134,0	117,7	127,4	118,4	112,9	116,5	174,6	156,9	167,5
Липецкая	367,6	344,9	338,7	346,7	330,0	327,7	320,4	326,4	315,6	310,4	321,9
Курская	41,4	41,9	41,5	37,9	36,0	31,3	38,8	39,8	51,4	57,5	53,3
Орловская	22,8	23,3	11,1	23,8	15,3	13,4	20,7	21,3	28,3	25,8	27,2
Тамбовская	46,2	47,7	51,5	53,9	44,7	56,4	56,0	62,9	55,9	72,9	69,0
ЦЧР	687,7	664,5	655,6	655,8	621,3	616,4	621,5	643,4	729,3	728,4	755,3

Библиографический список

1. Моделирование загрязнения воздуха в городской среде: критический обзор / Т. Г. Крупнова, А. В. Буланова, Т. А. Макаровских, А. В. Геренштейн // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 27–33. doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-027-033
2. Щербатюк А. П. Концепция обеспечения экологической безопасности воздушной среды городов в природно-технических системах горно-котловинного типа // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 4. С. 24–30. doi: 10.25750/1995-4301-2019-4-024-030
3. Подходы для оценки и управления качеством компонентов урбозоосистемы с помощью методов нейросетевого моделирования / Ю. А. Тунакова, С. В. Новикова,

А. Р. Шагидуллин, В. С. Валиев, А. Х. Мораис // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 4. С. 31–36. doi: 10.25750/1995-4301-2019-4-031-036

4. Божко С. Н., Девятова Т. А., Артюхов В. Г. Региональная экология. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019. 352 с.

5. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Липецкой области в 2020 году». Липецк, 2021. 220 с.

6. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Белгородской области в 2020 году. Белгород, 2021. 247 с.

7. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации по Орловской области в 2020 году. Орёл, 2021. 180 с.

8. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2020 году». Воронеж, 2021. 193 с.

9. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Курской области в 2020 году. Курск 2021. 214 с.

10. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Тамбовской области в 2020 году. Тамбов, 2021. 195 с.

ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРЕДПРИЯТИЯМИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА АО «ГРУППА ИЛИМ» В ГОРОДЕ КОРЯЖМА

Е. В. Коваль

*Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
undina2-10@yandex.ru*

В ходе работы были выявлены основные загрязняющие вещества, поступающие в атмосферу с выбросами производств филиала АО «Группы ИЛИМ» в городе Коряжме во время реализации проекта «Большая Коряжма». Определены поллютанты, поступающие в окружающую среду в количествах, превышающих установленные нормативы. Дана оценка фитотоксичности почв, расположенных в зоне влияния предприятия.

Ключевые слова: целлюлозно-бумажная промышленность, загрязнение, воздух, выбросы, почва, ячмень, фитотестирование, всхожесть.

Технология переработки древесины в целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) занимает промежуточное положение между лесохимией (глубокая химическая переработка) и деревообрабатывающими отраслями (механическая обработка). К основной готовой продукции отрасли относятся целлюлоза, бумага и картон.

ЦБП отличается [1–2]:

– высокой материалоемкостью: для получения 1 т целлюлозы необходимо в среднем 5–6 куб. м древесины;

- большой водоёмкостью: на 1 т целлюлозы расходуется в среднем 350 куб. м воды;
- значительной энергоёмкостью: 1 т продукции требует в среднем 2000 кВт/ч.

Для ЦБП характерно комплексное воздействие на природу. Большое количество образующихся сточных вод сопряжено с высоким водопотреблением на всех этапах производства [3], сжигание топлива для выработки технологического пара и электроэнергии – источник выбросов в атмосферу золы и сернистого газа [4], а большое количество образующихся твердых отходов требует наличия полигонов для их хранения [5].

Зачастую негативное влияние ЦБП на окружающую среду обусловлено использованием старых технологий и устаревшего оборудования. Большой объем сточных вод, и высокая концентрация в них загрязнений вынуждают использовать громоздкие очистные сооружения, не решающие полностью своих задач. При большом объеме сточных вод на очистных сооружениях образуется большое количество осадков, которые вызывают перегрузку накопителей и могут попадать в подземные воды [2].

Актуальность выбранной темы объясняется тем, что Россия является крупнейшей лесной державой в мире с развитой ЦБП. Кроме того, для многих регионов и городов ЦБП является ведущей отраслью хозяйства.

Целью исследования было провести комплексную оценку влияния на окружающую среду филиала АО «Группа ИЛИМ» в городе Коряжме.

Объектом исследования был «Филиал АО «Группа Илим» в г. Коряжме» или Котласский целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК). Для выполнения исследования студентами-экологами на производственной практике проводилась работа в архиве предприятия, беседы с работниками и руководством предприятия, были проанализированы данные, предоставленные отделом экологии предприятия, о количестве выбросов и сбросов, проведено установление соответствия этих фактических данных установленным нормативам.

Была проведена оценка фитотоксических свойств почв из зоны влияния комбината по ответным реакциям растений ячменя сорта Новичок: всхожесть семян, жизнеспособность семян, линейный рост проростков. Отбор почв проводился по ГОСТ 17.4.4.02-84 «Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» методом конверта. Отбирали пробы почвы с трех пробных площадок: контроль – почва, отобранная в лесу у поселка Черемушский (лес (контроль)), почва, отобранная в центральной части города Коряжмы (город) и на полигоне ЦБК (полигон). Образцы почвы отбирали в апреле, сразу после схода снега, накопившего за зиму многочисленные частицы выбросов [6].

Филиал АО «Группа Илим» в городе Коряжме (Архангельская область) – крупнейшее предприятие ЦБП России. Строительство комбината было начато в 1935 г. возле деревни Коряжемка Сольвычегодского района, однако по ряду причин, было законсервировано и возобновилось лишь в 1960 г. Первый кар-

тон получили в 1965 г. С 2007 г. Котласский ЦБК входит в ОАО «Группа Илим».

На сегодня площадь филиала около 420 га. В его составе действует 6 производств, 22 самостоятельных цеха, три энергетических станции. Количество работников достигает 5800 человек (рабочих, инженеров и техников). По данным сайта организации, ежегодный объём производства достигает 1,3 млн т., при этом годовой объём перерабатываемой древесины достигает 4,5 млн куб. м [6]. Основной продукцией филиала является товарная целлюлоза, включая небелёную хвойную целлюлозу и белёную лиственную; белые бумаги (офисная и обойная), круглые лесоматериалы и продукты лесохимии (канифоль, скипидар, жирные кислоты и масла) [7].

Системы менеджмента качества, экологии и промышленной безопасности филиала Группы «Илим» в Коряжме соответствуют международным стандартам ISO 9001, ISO 14001 и OHSAS 18001. Предприятие выпускает продукцию, сертифицированную Forest Stewardship Council (Лесного попечительского совета) [6].

В 2011–2013 годах реализовывался проект «Большая Коряжма», объём инвестиций в которую составил 270 тысяч долларов. В это время комбинат первый и единственный в России начал выпуск мелованной бумаги, а также обновил оборудование, именно поэтому исследование проводили с 2013 по 2017 гг.

В исследуемый промежуток времени предприятие было источником выбросов свыше 30 различных веществ, подробный список представлен в таблице 1. При этом, за 2012 год превышение установленных нормативов отмечали лишь в отношении диоксида серы, оксида углерода и азота, солей натрия (карбонаты, сульфиты, сульфаты), метилмеркаптана, спирта этилового, лигносульфонатам и пыли неорганической. Первые 3 веществ составляли основу выбросов. Суммарный выброс составил 12612,979 т/год.

Согласно технологическим регламентам производств и режимно-технологическим картам филиала залповые и аварийные выбросы не предусмотрены. Анализ деятельности предприятия, состава и характеристик источников загрязнения атмосферы показал, что выбросы данного характера отсутствовали в исследуемых период.

Таблица 1

**Динамика изменения выбросов филиала АО «Группа Илим»
в городе Коряжме**

Загрязняющие вещества	Выброс в атмосферу загрязняющих веществ			
	2012 год		2013 год	
	т/год	% от суммы	т/год	% от суммы
1	2	3	4	5
Диоксид серы	1836,478*	14,56	1642,063	13,4
Оксид углерода	2293,135*	18,18	2523,030*	20,6
Оксиды азота	3514,289*	27,86	3719,280*	30,35
Бенз[а]пирен	0,000	0,008	0,040	0,0003
Серная кислота	0,000	0,008	0,000	0,008

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
Метан	106,713	0,85	106,712	0,87
Двуокись хлора	6,01	0,05	14,344	0,12
Ванадия пятиокись	2,301	0,02	1,957	0,02
Кальция оксид	121,520	0,96	175,048	1,43
Натрия гидроокись	38,9	0,308	50,499	0,41
Натрия карбонат	127,533*	1,01	137,065	1,12
Натрия сульфат	1451,899*	11,51	1239,415	10,11
Натрия сульфит-сульфатные соли	47,641*	0,38	54,796	0,45
Аммиак	2,181	0,02	2,150	0,02
Сероводород	275,658	2,18	78,998	0,64
Хлор	13,904	0,11	20,826	0,17
Спирт метиловый	151,473	1,2	143,095	1,17
Спирт этиловый	52,432*	0,42	65,623	0,53
Фенол	1,33	0,01	1,330	0,01
Динил	3,04	0,02	0,000	0,008
Диметилдисульфид	209,641	1,66	227,616	1,86
Диметилсульфид	89,215	0,71	83,940	0,68
Метилмеркаптан	55,247*	0,44	39,205*	0,32
Фурфурол	0,363	0,003	0,363	0,003
Канифоль талловая	0,28	0,002	0,396	0,003
Скипидар	73,365	0,58	80,171	0,65
Углеводороды предельные	0,046	0,0004	0,02	0,0002
Лигносульфонаты	52,891*	0,42	213,461	1,74
Кислоты жирные талловые	0,01	0,0001	0,008	0,0001
Взвешенные вещества	1250,844	9,92	1082,8	8,84
Пыль неорганическая	814,004*	6,45	519,374*	4,24
Пыль комбикормовая	20,636	0,16	29,48	0,24
Итого:	12612,979		12253,105	

Примечание: * превышение установленного норматива (ПДВ, ВСВ).

В 2013 г. несмотря на то, что качественный состав выбросов не менялся, суммарное количество выбросов загрязняющих веществ по сравнению с предыдущим годом было снижено на 359,87 т/год. При этом отмечали превышение установленных нормативов при выбросе неорганической пыли, метилмеркаптана, оксидов азота и углерода (табл. 1).

Почва является депонирующей средой и накапливает загрязняющие вещества, поступающие из атмосферного воздуха при осаждении и/или вымывании атмосферными осадками. Для оценки влияния комбината окружающую среду проводили фитотестирование почв, расположенных вблизи предприятия. Оценивали фитотоксичность почв по показателям всхожести семян ячменя, жизнеспособности семян (активность дегидрогеназ) и роста проростков.

Выявлено, что водная вытяжка, из почв, отобранных на полигоне филиала, оказывала фитотоксическое действие на жизнеспособность семян, изуча-

емый показатель был снижен на 14%, по сравнению с контролем (табл. 2). Достоверных различий активности дегидрогеназ семян, проращиваемых на вытяжках из почвы, отобранной в городе и на контрольном участке (лес), не выявлено.

Таблица 2

Эффекты вытяжек почв зоны влияния филиала АО «Группа Илим» в городе Коряжме на показатели жизнедеятельности проростков и семян ячменя

Вариант опыта	Жизнеспособность	Всхожесть	Линейный рост, см	
	% к контролю		побег	корень
Лес (контроль)	100	100	7,77 ±0,9	10,5±1,5
Город	97,8	95,0*	7,92±1,5	10,9±2,0
Полигон	86,0*	89,5*	8,22±1,1	10,4±1,6

Примечание: * – различия достоверны при $p \geq 0,5$.

Всхожесть семян – чувствительный показатель на действие стресс-факторов. Показано, что всхожесть семян также была чувствительна к действию компонентов, содержащихся в почве, отобранной с полигона (табл. 2). В варианте опыта с фитотестированием почв с полигона всхожесть семян ячменя была снижена на 10,4% по сравнению с контрольным участком. Почва, отобранная с территории города Коряжмы, не влияла на жизнеспособность семян, однако вызывала достоверное снижение всхожести семян ячменя.

Тестируемые почвы не оказывали токсического действия на рост проростков ячменя. Достоверных изменений длины корней и листьев опытных растений выявлено не было (табл. 2).

Таким образом, был изучен характер выбросов филиала АО «Группы ИЛИМ» в городе Коряжме. Установлено, что в 2013 году произошло снижение суммарного количества выбросов, что может быть связано с реализацией программы «Большая Коряжма», а именно, обновлением оборудования, закупкой современных машин и средств очистки воздуха.

Была изучена фитотоксичность почв, расположенных в зоне влияния предприятий филиала АО «Группа Илим» в городе Коряжме. Почва, отобранная на полигоне ЦБК, оказывала токсическое действие на семена ячменя сорта Новичок, что проявилось в значимом снижении жизнеспособности и всхожести и семян. Фитотоксическое действие, по-видимому, является следствием комплексного загрязнения почв, которое обусловлено поступлением аэрополлютантов и наличием твёрдых отходов (лигнин и шламы). Низкую фитотоксичность почвы, отобранной в городе можно объяснить особенностями розы ветров. В городе преобладают южные и юго-западные ветра, поэтому основная масса загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятиями филиала АО «Группа Илим» переносится с воздушными массами в северном и северо-восточном направлении, а город расположен в восточном направлении от источников выбросов.

Библиографический список

1. Способ переработки лигнинсодержащих отходов целлюлозно-бумажной промышленности с получением сорбентов для очистки сточных вод / Я. И. Вайсман, И. С. Глушанкова, Е. С. Ширинкина, С. Ф. Давлетова // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 3. С. 93–99. doi: 10.25750/1995-4301-2018-3-093-099
2. Личутина Т. Ф., Мискевич И. В, Бровко О. С. Оптимизация нормирования сброса стоков предприятий ЦБП в водотоки. Екатеринбург : УрО РАН, 2005. 211 с.
3. Макеевский И. С. Опыт интенсификации работы сооружений по очистке и доочистке сточных вод. М. : Прибой, 1998. 226 с.
4. Балакшин П. Н. Экологические проблемы в целлюлозно-бумажной промышленности РФ // Лесной журнал. 2004. № 1. С. 100.
5. Сборник методик по расчету объемов образования отходов. СПб. : ООО «Центр обеспечения экологического контроля», 2001. 77 с.
6. Кукушкина Д. А., Журавлева Д. А., Коваль Е. В. Оценка состояния атмосферного воздуха на территории Г. Тюмени по данным фитотоксичности снежного покрова // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 кн. Кн. 1. Киров : Вятский государственный университет, 2021. С. 73–77.
7. Коряжма [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ilimgroup.ru/o-gruppe-ilim/filialy/koryazma/> (дата обращения: 20.03.2023).

ЧТО ТАКОЕ «ПОТЕНЦИАЛ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ»?

Г. Я. Кантор¹, Н. В. Сырчина²

*¹ Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, grigory_kantor@mail.ru*

² Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru

Потенциал глобального потепления (ПГП) – это коэффициент пересчёта массы или объёма парникового газа, выброшенного в атмосферу, в эквивалентное количество углекислого газа по степени влияния на земной климат. В статье рассматривается история возникновения концепции ПГП, её критический анализ с современной точки зрения, альтернативные варианты сравнительного анализа влияния парниковых газов на климат Земли.

Ключевые слова: парниковые газы, радиационные свойства парниковых газов, радиационный форсинг, потенциал глобального потепления.

Изменение климата Земли, которое проявляется, прежде всего, в росте средней глобальной температуры и увеличении частоты экстремальных погодных явлений, вышло на одно из первых мест в перечне угроз благополучию современной цивилизации. Общепризнанной причиной климатических изменений является усиление парникового эффекта за счёт выброса парниковых газов (ПГ) в результате хозяйственной деятельности. Важнейшими эмитентами ПГ являются предприятия теплоэнергетической сферы, транспорта, коммунального хозяйства, животноводства, нефтегазового сектора [1–5]. Основной причиной выброса парниковых газов (главным образом диоксида уг-

лерода) является сжигание ископаемого органического топлива (уголь, нефть, газ), что ведёт, кроме того, к необратимому истощению невозобновляемых природных ресурсов. Поэтому весьма актуальна проблема поиска технических решений, снижающих (а в идеале полностью исключаящих) потребность в ископаемом топливе.

В качестве ключевого экономического механизма, стимулирующего снижение антропогенной эмиссии ПГ, планируется использование трансграничного углеродного налога. Соответствующий налог будет взиматься с экспортёров ряда товаров (уголь, нефть, природный газ, металлы, минеральные удобрения и др.) в страны Европейского Союза (ЕС). Экспортеры будут выплачивать налог за каждую тонну углекислого газа, выброшенного в атмосферу в ходе производства углеродоемких товаров. От уплаты налога будут освобождены экспортеры из стран, в которых действуют налоги на выбросы или углеродные сборы. По имеющимся оценкам, введение трансграничного налога позволит увеличить доходы ЕС примерно на 8 млрд долларов в год [6].

Для сравнения выбросов разных ПГ и расчета углеродных сборов или налога используется общая величина, получившая название «эквивалентный выброс диоксида углерода» – объем выброса CO_2 , который вызвал бы такое же общее воздействие на климат за определённый период времени, что и объем выброса ПГ или смеси ПГ. Эквивалентный выброс диоксида углерода получают путем умножения объема выброса парникового газа на специальный коэффициент, получивший в Первом оценочном докладе [7] Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) название «потенциал глобального потепления» (global warming potential, GWP). ПГП рассчитывается за определённый период времени (в докладах МГЭИК приняты временные горизонты 20, 100 и 500 лет). ПГП CO_2 для всех временных горизонтов принимается равным единице. С экономической точки зрения чем больше значение ПГП, тем выше плата за выброс единицы массы данного ПГ. Введение такой характеристики, как ПГП, позволяет сравнивать потенциальное воздействие выбросов различных парниковых газов на климат [7, 8].

Потенциал глобального потепления парникового газа определяется радиационными свойствами ПГ (длины волн и интенсивность спектральных линий поглощения в области теплового инфракрасного излучения) и времени жизни ПГ в атмосфере, ограниченного процессами химической и фотохимической деструкции.

Для вычисления ПГП парникового газа в [7] предложена следующая формула:

$$GWP_{\text{ПГ}} = \frac{\Delta F_{\text{ПГ}} \cdot \int_0^T C_{\text{ПГ}}(t) dt}{\Delta F_{\text{CO}_2} \cdot \int_0^T C_{\text{CO}_2}(t) dt}, \quad (1)$$

где $GWP_{\text{ПГ}}$ – потенциал глобального потепления парникового газа; $\Delta F_{\text{ПГ}}$ и ΔF_{CO_2} – величины мгновенного радиационного форсинга (РФ) для парниково-

го газа и диоксида углерода соответственно в результате выброса в атмосферу одинакового количества (массы или объёма) того и другого газа; $C_{\text{ПГ}}(t)$ и $C_{\text{CO}_2}(t)$ – концентрация парникового газа и диоксида углерода соответственно, убывающая со временем вследствие деструкции; T – временной горизонт (20, 100 или 500 лет), t – время.

Здесь необходимо пояснить понятие радиационного форсинга, поскольку этот термин часто используется разными авторами в различном смысле. В данном случае смысл термина таков. При установившейся равновесной средней температуре поверхности Земли приток солнечной энергии на верхней границе атмосферы полностью уравновешен встречным потоком теплового инфракрасного излучения Земли и атмосферы, т. е. имеет место нулевой энергетический баланс. При мгновенном вбросе в атмосферу порции парникового газа часть восходящего теплового излучения задерживается этим газом, и баланс на верхней границе атмосферы мгновенно нарушается в пользу нисходящего излучения, исходящего от Солнца. Величина этого дисбаланса (положительная разность мощности потоков «нисходящий минус восходящий») и называется радиационным форсингом от вброса порции ПГ. Температура поверхности Земли в первое мгновение остаётся прежней, но в дальнейшем начинает расти, дисбаланс уменьшается, и температура растёт до тех пор, пока не будет восстановлен баланс на верхней границе атмосферы уже при более высокой температуре земной поверхности.

Рассмотрим для примера расчёт ПГП метана – третьего по степени влияния на земной климат парникового газа после водяного пара и диоксида углерода. Радиационный форсинг определяется двумя концентрациями ПГ – начальной и конечной (или начальной концентрацией и величиной добавки). Формулы для расчёта РФ углекислого газа и метана приведены в [7, 9]:

$$\Delta F_{\text{CO}_2} = 5,35 \cdot \ln(C/C_0); \quad (2)$$

$$\Delta F_{\text{CH}_4} = 0,036 \cdot (\sqrt{M} - \sqrt{M_0}) - (f(M, N_0) - f(M_0, N_0)), \quad (3)$$

где ΔF – величина радиационного форсинга (Вт/м^2); C_0 , M_0 и N_0 – современные концентрации в атмосфере углекислого газа, метана и оксида азота(I) соответственно; $C = C_0 + \Delta C$; $M = M_0 + \Delta M$; ΔC и ΔM – условные добавки к исходным концентрациям диоксида углерода и метана, вызывающие радиационный форсинг; функция $f(M, N)$ – поправка к РФ метана за счёт перекрытия спектральных линий метана и оксида азота(I). Функция $f(M, N)$ задаётся следующим уравнением [8, 9]:

$$f(M, N) = 0,47 \cdot \ln[1 + 2,01 \cdot 10^{-5} (MN)^{0,75} + 5,31 \cdot 10^{-15} M (MN)^{1,52}]. \quad (4)$$

В уравнениях (2–4) величины C_0 и C даны в миллионных долях по объёму (ppmv), а M_0 , M и N_0 – в миллиардных долях (ppbv).

Для расчёта ПГП метана примем следующие конкретные исходные данные, приведённые в [10] по состоянию на 2019 г.: $C_0 = 410$ ppmv, $M_0 = 1866$ ppbv, $N_0 = 332$ ppbv. Одинаковые условные добавки углекислого газа и метана примем равными $\Delta C = 1$ ppmv, $\Delta M = 1000$ ppbv.

Расчёт РФ углекислого газа и метана по формулам (2–4) даёт следующие результаты: $\Delta F_{\text{CO}_2} = 0,013 \text{ Вт/м}^2$, $\Delta F_{\text{CH}_4} = 0,32 \text{ Вт/м}^2$. Отношение $\Delta F_{\text{CH}_4} / \Delta F_{\text{CO}_2}$ равно 24,6, что близко к значению 100-летнего ПГП метана (25), фигурирующему во многих нормативных документах по расчёту углеродного следа, включая европейский стандарт ISO 14067:2018 и российский ГОСТ Р ИСО 14067-2021.

Однако в этом расчёте вообще не учитывалось время жизни ПГ в атмосфере! Для учёта этого фактора необходимо знание зависимостей остаточной концентрации добавки от времени $C_{\text{CH}_4}(t)$ и $C_{\text{CO}_2}(t)$ в обозначениях формулы (1). Для метана, имеющего время жизни в атмосфере 12 лет [7, 11], эта зависимость имеет простой вид: $C_{\text{CH}_4}(t) = e^{-\frac{t}{12}}$ (время здесь измеряется в годах, начальная концентрация положена равной 1; единица измерения в данном случае значения не имеет, поскольку нас интересует не абсолютное значение интеграла, а его отношение к аналогичному интегралу для диоксида углерода). Углекислый газ, в отличие от метана, включается в целый ряд биохимических циклов, за счёт этого его время жизни в атмосфере оказывается значительно больше, а зависимость остаточной концентрации от времени сложнее [11]:

$$C_{\text{CO}_2}(t) = 0,217 + 0,259 \cdot e^{-\frac{t}{172,9}} + 0,338 \cdot e^{-\frac{t}{18,51}} + 0,186 \cdot e^{-\frac{t}{1,186}}.$$

Рассчитанные значения интегралов, кумулятивные значения РФ и ПГП для трёх временных горизонтов приведены в таблице. Под кумулятивным радиационным форсингом понимается энергетический дисбаланс, накопленный за период временного горизонта.

Таблица

Параметры потенциала глобального потепления метана

Параметр	Временной горизонт T , лет		
	20	100	500
$\int_0^T C_{\text{CH}_4}(t) dt$	9,733	11,997	12,000
$\int_0^T C_{\text{CO}_2}(t) dt$	13,585	47,816	157,274
$\int_0^T C_{\text{CH}_4}(t) dt / \int_0^T C_{\text{CO}_2}(t) dt$	0,716	0,251	0,0763
Кумулятивный РФ CH_4 , МДж/м ²	98,306	121,174	121,204
Кумулятивный РФ CO_2 , МДж/м ²	5,584	19,653	64,641
GWP_{CH_4}	17,60	6,17	1,88

Таким образом, 100-летний ПГП метана, рассчитанный в строгом соответствии с оценочными докладами МГЭИК, оказался в 4 раза меньше принятого в этих же докладах значения 25. Причину такого расхождения опреде-

лить невозможно, не имея всех деталей расчётов, выполненных авторами докладов.

Однако есть более серьёзная претензия к методологии сравнения парниковой эффективности различных газов в составе атмосферы Земли. В рассмотренном нами примере добавка 1 ppm к концентрации метана означает увеличение этой концентрации на 54%, а такая же добавка углекислого газа увеличивает его концентрацию всего на 0,24%. И высокие значения ПГП метана объясняются в первую очередь огромной (в 220 раз) разницей исходных концентраций этих газов.

Можно сформулировать альтернативный подход к оценке эквивалентности различных газов по величине создаваемого ими парникового эффекта. В нашем случае углекислый газ с концентрацией 410 ppm при добавке 1 ppm создаёт радиационный форсинг 0,013 Вт/м². Можно поставить вопрос так: какую исходную концентрацию должен иметь метан, чтобы при такой же добавке получить такую же величину РФ? Для ответа на вопрос достаточно решить уравнение (3) относительно M_0 . Результат решения – 1853 ppm, что почти в тысячу раз превышает фактическую концентрацию метана в атмосфере и в 4,52 раза превышает концентрацию углекислого газа. В терминах «потенциала глобального потепления» это означает величину ПГП 0,22. Иными словами, нестрого выражаясь, метан как парниковый газ в четыре с половиной раза «слабее» диоксида углерода. Это лишает всякой основы шумиху, поднятую вокруг метана в научно-технической и популярной литературе, а также в средствах массовой информации.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- задачу сравнения климатической эффективности различных парниковых газов нельзя считать окончательно решённой;
- при сравнительном анализе величины парникового эффекта различных газов особое внимание следует уделять прозрачности и воспроизводимости всех вычислительных процедур и исходных данных;
- таблица потенциалов глобального потепления в официальных документах должна быть радикально пересмотрена.

Библиографический список

1. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Роль аммонификаторов в эмиссии аммиака из свиных навозных стоков // Известия КГТУ. 2023. № 68. С. 46–54.
2. Трансформация микробиоты отходов животноводства под влиянием химических реагентов для устранения запаха / Е. П. Колеватых, Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 159–165. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-159-165
3. Кантор Г. Я., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Моделирование углеродного баланса полигонов твёрдых коммунальных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 198–204. doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-198-204
4. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Контроль запахового загрязнения атмосферного воздуха (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 26–34. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-026-034

5. Вклад углекислого газа и воды в парниковый эффект / Н. В. Сырчина, Г. Я. Кантор, В. Н. Пугач, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 218–223. doi 10.25750/1995-4301-2021-4-218-223
6. Соколов М. М. Стратегии России по введению трансграничного углеродного регулирования в ЕС // Геоэкономика энергетики. 2021. № 3. С. 84–97. doi: 10.48137/2687-0703_2021_15_3_84
7. Alternatives to the global warming potential for comparing climate impacts of emissions of greenhouse gases / K. P. Shine, J. S. Fuglestedt, K. Hailemariam, N. Stuber // Climatic Change. 2005. Vol. 68. No. 3. P. 281–302.
8. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment (1990) [Электронный ресурс]. – URL: https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_first_assessment_1990_wg1.shtml (дата обращения: 20.03.2023).
9. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Supplementary Material [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/07/WGI_AR5.Chap_8_SM.pdf (дата обращения: 21.03.2023).
10. Climate Change 2021. The Physical Science Basis [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FrontMatter.pdf (дата обращения: 21.03.2023).
11. Climate Change 2007. The Physical Science Basis [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-frontmatter-1.pdf> (дата обращения: 21.03.2023).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ САЖЕВЫДЕЛЕНИЯ В ДИЗЕЛЕ

А. Н. Козлов, М. И. Арасланов

Вятский агротехнологический университет, dnka59@mail.ru

Частицы сажи представляют большую угрозу для здоровья человека. Среди всех источников выбросов сажи в атмосферу, лидером является дизельный двигатель, превращающий в дисперсный углерод до 20% углеводородного топлива на начальных стадиях сгорания. В статье приведены результаты исследования закономерностей сажевыделения в цилиндре дизеля.

Ключевые слова: сажа, дизель, камера сгорания, дымность, твердые частицы.

Среди загрязняющих веществ твердые частицы (ТЧ), возможно, имеют самый широкий спектр негативных воздействий на окружающую среду: принимают участие в образовании смога, изменяют прозрачность атмосферы, влияют на климат, оказывают токсичное действие на живые организмы и др. [1]. Химический состав частиц имеет важное значение в каждой из этих областей. Сульфатные аэрозоли отражают солнечный свет, но частицы элементарного углерода поглощают свет, оказывая противоположное влияние на изменение климата. Многочисленные эпидемиологические исследования выявили связь между уровнями ТЧ в окружающей среде и различными неблагоприятными последствиями для здоровья, прежде всего, сердечно-легочными и онкологическими заболеваниями.

Сжигание дизельного топлива широко используется как в стационарных, так и в мобильных установках, особенно там, где требуется высокая эффективная мощность силовой установки. В настоящее время наблюдается повышенный интерес к дизельным двигателям. Одной из причин этого является возможность к повышению топливной эффективности и сокращению выбросов парниковых газов. Другим преимуществом дизельных двигателей является высокий крутящий момент при низких оборотах двигателя. Но, дизельные двигатели представляют собой источник ТЧ, обуславливающих дымность отработавших газов. Если выбросы обычного дизельного двигателя не будут приведены в соответствие с внедряемыми все более строгими стандартами, эти преимущества будут нивелированы при изменениях в законодательстве, которые произойдут в течение следующего десятилетия.

Следовательно, выбросы дизельных двигателей в настоящее время являются объектом повышенного внимания. Инженерные коллективы по всему миру прилагают согласованные усилия для снижения выбросов выхлопных газов. Эти меры включают внедрение систем высокого давления common rail непосредственного впрыска, использование стратегий фигурного и многоимпульсного впрыска топлива, а также разработку устройства для последующего дожигания и фильтрования отработавших газов. Параллельно наблюдается быстрый рост исследований выбросов дизельного двигателя, разработка новых методов отбора проб выхлопных газов двигателей и усовершенствование приборов, используемых для характеристики ТЧ.

Еще одним перспективным методом снижения дымности отработавших газов является применение оксигенатных альтернативных топлив и присадок [2–6]. Снижение концентрации сажи в цилиндре достигается за счет насыщения богатой топливовоздушной смеси атомами кислорода, снижающего скорость нуклеации и конденсации углерода в частице.

Сажа представляет собой несгоревший в цилиндре дизеля конденсированный углерод. Свойства частиц могут значительно отличаться при отборе проб как на различных участках одного и того же пламени, так и при различных условиях сгорания топлива. Удельная поверхность сажи может изменяться от 15 до 120 м²/г, в зависимости от технологических параметров получения технического углерода [7]. Плотность сажи в зависимости от содержания водорода изменяется в пределах от 1,8×10³ до 2,1×10³ кг/м³. Сажа на 94–99% состоит из углерода и химически связанного водорода (0,5–3,0%), некоторого количества кислорода и зольных элементов [8–11]. На разных стадиях роста частицы сажи в камере сгорания атомное соотношение С/Н изменяется от 3 до 15 [8].

С помощью электронной микроскопии и рентгеноструктурных исследований стало возможным анализировать морфологию частиц сажи. Наименьшая частица представляет собой сложное гроздевидное образование связанных между собой общими углеродными слоями глобул углерода. В микрокосмическом масштабе ТЧ представляют собой более или менее разветвленные агрегаты, и каждый агломерат состоит из нескольких сотен сфе-

рических или почти сферических первичных частиц, как показано на рисунке 1 [11].

Средний арифметический диаметр первичных частиц сажи (глобул) при горении в дизеле различных топлив составляет от 20 до 90 нм. По некоторым сведениям, размер первичных частиц сажи может изменяться в пределах от 15 до 170 нм [12–14]. Первичная частица близка к сферической форме, в то время как агрегаты имеют сложную форму (рис. 2).

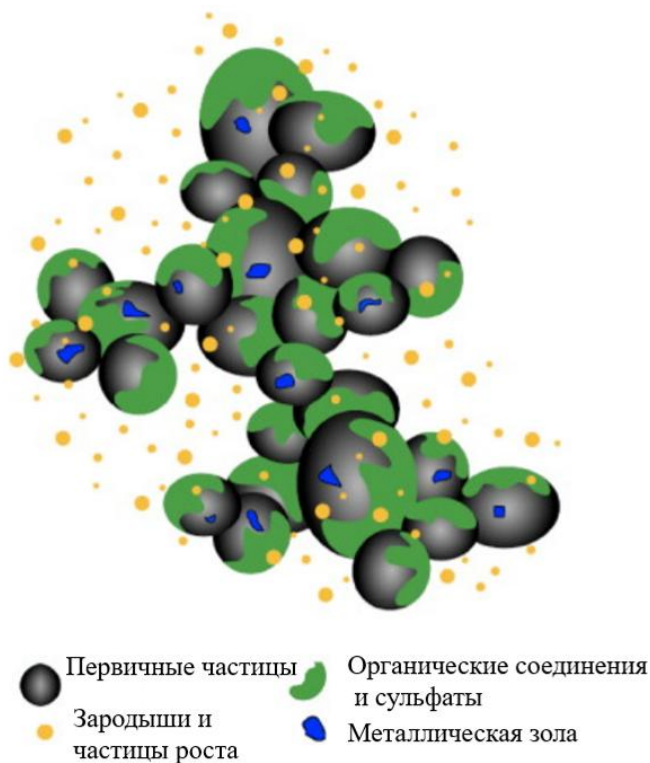


Рис. 1. Схема первичного агрегата частицы сажи

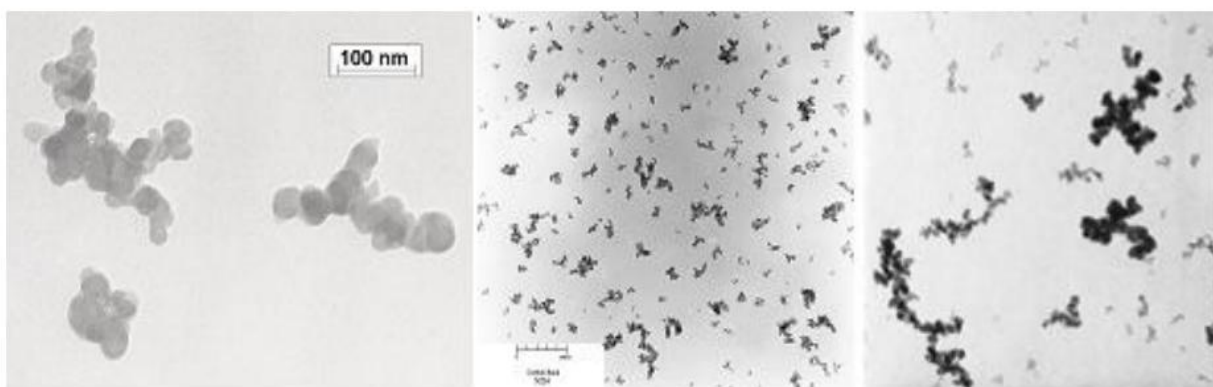


Рис. 2. Изображения первичных агрегатов частиц сажи, полученных с помощью электронного микроскопа

Исследование частиц сажи, отобранных из выпускной системы дизелей, показывает, что их распределение по размерам очень слабо зависит от режима работы и типа используемых двигателей.

Определение динамики сажевыделения представляет трудную научную задачу, требует тщательного изучения физико-химических процессов в дизеле. Математическая модель, описывающая процесс образования и выгорания частиц сажи, должна включать блоки расчета впрыска и испарения топлив, расчета тепловыделения и температуры цикла, блок определения концентрации окислительных компонентов и отдельные подмодели вычисления скорости отвода тепловой энергии, определения текущего объема цилиндра и другие. В саму модель сажевыделения включены уравнения баланса массы и энергии, кинетические химические уравнения, уравнения, учитывающие коагуляцию, газификацию, нуклеацию и рост частиц [12, 15].

Результатом численного моделирования являются функции от угла поворота коленчатого вала среднемассового диаметра частиц сажи в цилиндре дизеля (рис. 3). По графикам модели можно выделить ряд характерных участков эволюции сажи в цилиндре:

1 – Участок зарождения частицы, формирование твердой поверхности частицы. Как видим, этот этап скоротечен, высокая скорость формирования частиц сажи происходит до верхней мертвой точки (ВМТ) в цилиндре в период начала активного тепловыделения.

2 – Участок роста диаметра и массы частицы в предпламенной зоне и зоне диффузионного пламени. Продолжается в течение процесса сгорания в ядре факела в предпламенной зоне и тем интенсивнее, чем больше концентрация углеводородного «сырья». На участке роста после перехода частицы через фронт пламени в зону продуктов сгорания происходит снижение массы частицы в результате гетерогенных реакций окисления.

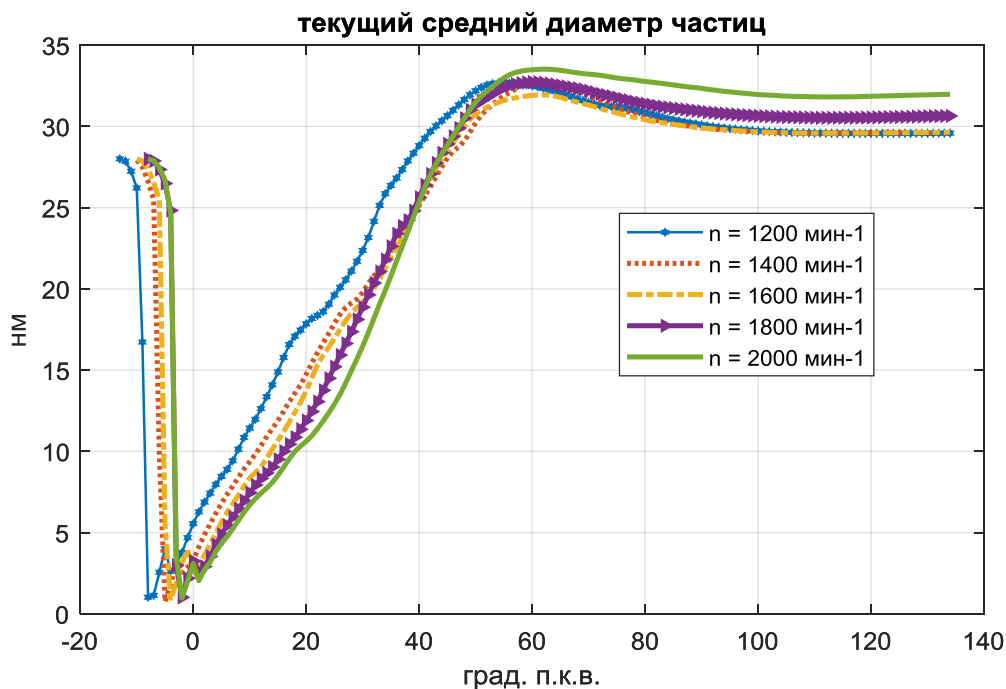


Рис. 3. Расчетный среднемассовый диаметр частицы сажи в цилиндре дизеля в зависимости от угла поворота коленчатого вала дизеля на различных скоростных режимах работы двигателя

3 – Участок чистой газификации. Происходит преимущественно в заключительной стадии сгорания и очагового догорания остатков топливовоздушной смеси в камере сгорания. Характеризуется протеканием одновременно двух процессов: газификации и коагуляции частиц. Общая масса дисперсного углерода снижается, как и общее количество частиц сажи.

В зависимости от скоростного режима работы дизеля продолжительность стадий сажеобразования существенно не изменяется, как и значение среднемассового диаметра частицы сажи в отработавших газах. Верификация модели производилась на основе экспериментальных исследований определения дымности отработавших газов дизеля на различных режимах работы. Результат моделирования получил высокую сходимость с экспериментальными данными [4, 6]. Полученная модель позволяет производить численную оценку влияния факторов процесса сгорания и испарения топлива в цилиндре на процесс сажеобразования. Включив в расчетную часть модели процедуры испарения и химического разложения углеводородов альтернативных топлив, можно прогнозировать дымность дизелей при работе на нетрадиционных топливах, в том числе с отдельной топливоподачей.

Библиографический список

1. Кузьмин В. А., Заграй И. А., Шмакова Н. А. Влияние промышленных выбросов предприятий теплоэнергетики на поглощение солнечного излучения в атмосфере // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 1. С. 170–178. doi: 10.25750/1995-4301-2023-1-170-178
2. Лиханов В. А., Лопатин О. П. Биотопливо или дымящие автомобили? // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 228–236. doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-228-236
3. Романюк В., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Снижение экологической опасности автомобилей конвертацией на природный газ // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 3. С. 27–32. doi: 10.25750/1995-4301-2018-3-027-032
4. Лиханов В. А., Козлов А. Н. Снижение дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на рапсовом масле и этаноле с двойной системой топливоподачи: монография. Киров : Вятская ГСХА, 2017. 134 с.
5. Шаромов И. М., Зонов А. В., Чупраков А. И. Образование бенз(а)пирена и зародышей сажи // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. «Наука – Технология – Ресурсосбережение». Киров : Вятская ГСХА, 2011. С. 154–159.
6. Лиханов В. А., Козлов А. Н., Лопатин О. П. Моделирование сажеобразования в цилиндре дизеля // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2019. Т. 25. № 1. С.47–59.
7. Пушнин В. П., Заонегин Д. О. Изменение дисперсности дизельной сажи при замене сорта топлива и введении присадок // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2013. № 2. С. 187–189.
8. Образование и выгорание сажи при сжигании углеводородных топлив / Ф. Г. Бакиров, В. М. Захаров, И. З. Полещук, З. Г. Шайхутдинов. М. : Машиностроение, 1989. 128 с.
9. Батурин С. А. Физические основы и математическое моделирование процессов сажевыделения и теплового излучения в дизелях : дис. ... д-ра техн. наук: 05.04.02 Л., 1982. 441 с.

10. Ассад М. С., Пензьяков О. Г. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчет, эксперимент. Минск : Беларуская наука, 2010. 305 с.
11. Раздьяконова Г. И. Дисперсный углерод. Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. 231 с.
12. Ложкин В. Н. Исследование динамики и термических условий сажеобразования при сгорании распыленного топлива в цилиндре дизелей : дис. ... канд. техн. наук. Л., 1978. 228 с.
13. Мачульский Ф. Ф. Дисперсность и структура дизельной сажи // Токсичность двигателей внутреннего сгорания и пути ее снижения : доклады участников симпозиума. М. : Наука, 1966. С. 206–219.
14. Пушнин В. П. Строение сферических наноразмерных частиц дизельной сажи // Двигателестроение. 2015. № 1 (259). С. 19–25.
15. Кожин Д. В. Физико-химические основы математического моделирования процесса образования и выгорания сажи в дизельных ДВС. Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2015. 176 с.

ВЛИЯНИЕ АВТОДОРОЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В. С. Петренко, С. Н. Божко

*Воронежский государственный университет,
vika.krasnyakova.01@mail.ru, sveta19691@yandex.ru*

В статье представлен перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых автодорожным предприятием в атмосферу. Приводится доля загрязняющих веществ в выбросах. Показан химический и компонентный состав твердых отходов.

Ключевые слова: выбросы, отходы производства, предприятие, окружающая среда, предельно допустимые выбросы.

Главным источником загрязнения окружающей среды является человек с продуктами его жизнедеятельности. В современном мире производственный уровень настолько высок, что утилизация различных отходов представляет огромную проблему для человечества. Если большинство отходов можно переработать для вторичного использования, то остальная часть идет на огромные свалки, которые еще много сотен лет будут и дальше загрязнять землю. К тому же, большая часть загрязнителей попадает в почву, а растения, выросшие на такой почве, поглощают вредные вещества, отравляя животных.

Промышленные предприятия – это основной источник химического загрязнения, из-за которого могут гибнуть целые экосистемы [1]. Промышленные предприятия выбрасывают большое количество разнообразных химических веществ, которые накапливаются в грунте, а со временем попадают в живые организмы, вызывая при этом неминуемые последствия. В почве скапливаются канцерогенные вещества, которые вызывают опухолевые заболевания у животных и людей. Такое загрязнение отравляет не только почву, но также и воду, употребление которой опасно для жизни. Поэтому в районах с

большой концентрацией промышленности, при недобросовестном отношении к охране окружающей среды, всегда нарушена экологическая обстановка [2].

Предприятие ООО «Новые дорожно-строительные технологии» имеет одну промышленную площадку, расположенную в Воронежской области, Семилукском районе, р. п. Латная [3]. Организация проводит свою деятельность в рамках всего календарного года, однако, основные производственные процессы осуществляются на предприятии в теплый период года, когда погодные условия позволяют класть асфальт – в течение 7 мес. (180 дней в год).

Основной вид деятельности: производство изделий из асфальта или аналогичных материалов; производство битуминозных смесей на основе природного асфальта или битума, нефтяного битума, разборка и снос зданий, расчистка строительных участков; производство земляных работ; осуществление общестроительных работ; производство общестроительных работ по строительству мостов, надземных автомобильных работ, тоннелей и подземных дорог.

Рельеф промплощадки предприятия ровный. Характер рельефа на рассеивание вредных веществ не влияет.

От источников выбросов в целом по ООО «НДСТ» в атмосферу выделяется 15 загрязняющих веществ: Fe₂O₃; Mn и его соединения; NO₂, NO; С (сажа); SO₂ (ангидрид сернистый); H₂S (сероводород); CO; бенз[а]пирен (3,4-бензпирен); бензин (нефтяной, малосернистый); керосин; углеводороды предельные C₁₂–C₁₉; мазутная зола теплоэлектростанций; пыль неорганическая: 70–20% SiO₂; пыль абразивная (корунд белый, монокорунд) [4, 5], (табл. 1).

Таблица 1

Перечень выбрасываемых загрязняющих веществ [3]

Загрязняющее вещество	т/год	ПДВ, т/год	Класс опасности
Fe ₂ O ₃	0,0121460	0,04000	3
Mn и его соединения	0,0001030	0,01000	2
NO ₂	0,4853550	0,50000	3
NO	0,0788690	0,40000	3
С (сажа)	0,1549639	0,15000	3
SO ₂	5,5919820	6,20000	3
H ₂ S	0,0006950	0,00800	2
CO	2,2183240	5,00000	4
Бенз[а]пирен	0,0000001	0,00000010	1
Бензин (нефтяной, малосернистый)	0,0029050	3,00000	4
Керосин	0,0206300	1,20000	3
Углеводороды предельные C ₁₂ –C ₁₉	0,1442960	1,00000	4
Мазутная зола теплоэлектростанций	0,0333330	0,04000	2
SiO ₂ (пыль неорганическая: 20–70%)	1,0763867	2,05000	3
Пыль абразивная (корунд белый, монокорунд)	0,0080780	0,40000	4
Всего веществ: 15	9,8280667		
Твердых: 7	1,2850107		
Жидких/газообразных: 8	8,5430560		

Суммарный валовый выброс загрязняющих веществ составляет 9,8280667 т/год, из них твердых 1,2850107 т/год, жидких и газообразных 8,543056 т/год; максимально-разовый выброс 2,9949026 г/с, из них твердых 0,1443445 г/с, жидких и газообразных 2,8505581 г/с.

Наблюдается повышение ПДВ только по С (сажа) на 5 кг в год. Предельно-допустимые выбросы подтверждены расчетами и установлены по источнику выброса, веществам и по предприятию в целом сроком на 5 лет (2020–2025 гг.).

Основным источником загрязнения атмосферы является мобильный асфальтобетонный завод СПЕКО-TSAP2000P, с производительностью 160 т/час.

Выброс загрязняющих веществ осуществляется через трубу и является организованным. В атмосферу выделяются следующие вещества: NO₂, NO, С (сажа); SO₂; CO; мазутная зола; пыль неорганическая [6].

Топливом для мобильного асфальтобетонного завода служит мазут, который хранится в мазутохранилище, объемом 30 м³. Источник загрязнения атмосферы неорганизованный. В атмосферу выделяются следующие вещества: H₂S, углеводороды предельные C₁₂–C₁₉.

На территории предприятия имеется склад сыпучих материалов [7]:

– щебня, загрязняющие вещества от которых выделяются в процессе пересыпки и хранения;

– песка из отсева (пересыпка и хранение), который является неорганизованным источником загрязнения. При хранении и пересыпе выделяют в атмосферу пыль неорганическую 20–70%.

На складе также хранится песок, влажность которого > 3%. При хранении и разгрузке не выделяются загрязняющие вещества [8].

Для отопления помещений предприятия имеется две котельные, работающих на природном газе. Котельные эксплуатируются только в холодный период года. Выброс загрязняющих веществ от котельных осуществляется через трубы и является организованным. В результате работы котельных в атмосферу выделяются следующие вещества: NO₂; NO; CO; бенз[а]пирен (табл. 1).

В ремонтно-механических мастерских осуществляется техническое обслуживание и технический ремонт автотранспорта и спецтехники. Источником выделения загрязняющих веществ являются: сварочный аппарат (в атмосферу от сварочного поста поступают загрязняющие вещества: Fe₂O₃; Mn и его соединения) [9]; токарно-винторезный и сверлильный вертикальный станки работают без использования охлаждения (эмульсола), в связи с этим выброс загрязняющих веществ не осуществляется [8]; заточной станок (выделяются следующие загрязняющие вещества: пыль абразивная, Fe₂O₃); двигатели внутреннего сгорания автотранспорта и дорожной техники (выделяются следующие загрязняющие вещества: NO₂; NO; С (сажа); SO₂; CO, бензин, керосин [10].

На территории площадки находится открытая стоянка и внутренний проезд автотранспорта заказчика. Спецтехника предприятия хранится на от-

крытой стоянке. Выброс загрязняющих веществ в атмосферу – неорганизованный. Источниками выделения загрязняющих веществ являются двигатели внутреннего сгорания автотранспорта. При работе двигателей автотранспорта выделяются следующие загрязняющие вещества: NO₂; NO; С (сажа); SO₂; CO, бензин, керосин (табл. 1).

В составе загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, преобладает SO₂ – 57% или 5,6 т/г от общего количества вредных веществ (рис.).

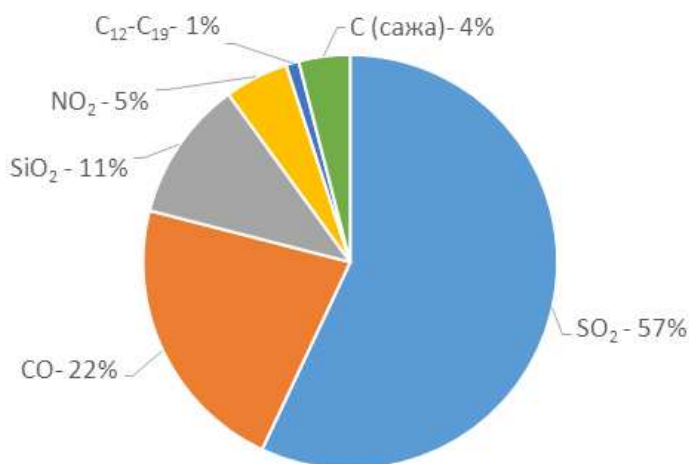


Рис. Доля загрязняющих веществ в выбросах, %

В офисных и санитарно-бытовых помещениях образуются различные виды отходов. Если говорить о компонентах мусора, то наиболее типичный состав включает в себя следующие виды офисных отходов: целлюлозу, текстиль, пищевые остатки, металл, пластмассу, стекло. Твердые отходы от ремонтных мастерских и автостоянки состоят из металлолома, горюче-смазочных материалов, аккумуляторов и покрышек (табл. 2).

Расчеты рассеивания вредных веществ в атмосфере выявили максимальные приземные концентрации вредных веществ на границе санитарно-защитной зоны и в жилой застройке. Расчетные максимальные приземные концентрации по всем загрязняющим веществам, поступающим в атмосферу ниже предельно-допустимых.

Таблица 2

Состав образующихся видов отходов, подлежащих учету [3]

Источник образования	Класс опасности отхода	Происхождение или условия образования вида отходов	Химический и (или) компонентный состав отходов от источников, %
1	2	3	4
Мусор от офисных помещений	4	Чистка и уборка нежилых помещений, сбор офисных отходов	Пищевые отходы: 14,0 Целлюлоза: 63,4 Пластмасса: 10,2 Текстиль: 3,5 Стекло: 2,7 Древесина: 4,0 Металл: 2,2
Итого: 0,1124754 т			

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
Мусор от санитарно-бытовых помещений	4	Чистка и уборка нежилых помещений, сбор бытовых отходов	Целлюлоза: 75,6 Пластмасса: 8,6 Текстиль: 10,7 Стекло: 5,1
Итого: 0,2306487 т			
Смет с территории предприятия малоопасный	4	Уборка территории предприятия	Строительный мусор (асфальт, песок, щебень и др.): 63,5 Полиэтилен: 16,1 Растительные остатки: 11,8 Целлюлоза: 7,3 Стекло: 1,3
Итого: 0,3271364 т			
Мусор от ремонтно-механических мастерских и автостоянки	2, 3, 4	Очистка мастерских и автостоянки после ТО и использования автотранспорта	Аккумуляторы: 10,7 ГСМ: 27,9 Покрышки: 8,0 Металлолом (использованные запчасти автотранспорта): 53,4
Итого: 0,6382852 т			

Суммарное количество отходов, образуемых на предприятии составляет 1,3085457 т/год. Из них 1,2850107 т/год занимают твердые отходы, а 0,023535 т/год – жидкие. На мусор от офисных помещений приходится 0,1124754 т/год, на мусор от санитарно-бытовых помещений – 0,2306487 т/год, на смет с территории предприятия малоопасный – 0,3271364 т/год, на мусор от ремонтно-механических мастерских и автостоянки приходится 0,6382852 т/год.

В качестве базы для сравнения были использованы данные, зафиксированные в 2015 году в рамках предыдущего проекта (табл. 3). За этот период произошло уменьшение валовых выбросов на 51,89956 т/год.

Таблица 3

Сравнение с предыдущим проектом содержания загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу [3]

Загрязняющее вещество	Сравнение	
	предыдущий проект, 2015 г.	проект ПДВ, 2020–2025 гг.
	т/год	т/год
1	2	3
Fe ₂ O ₃	0,0018189	0,0121460
Mn и его соединения	0,0000120	0,0001030
NO ₂	0,2863670	0,4853550
NO	0,0465873	0,0788690
С (сажа)	0,3089118	0,1549639
SO ₂	2,9508210	5,5919820
H ₂ S	0,0000166	0,0006950
CO	1,4603310	2,2183240
Бенз[а]пирен	0,0000010	0,0000001

1	2	3
Бензин (нефтяной, малосернистый)	0,0401950	0,0029050
Керосин	0,2168822	0,0206300
Углеводороды предельные C ₁₂ -C ₁₉	0,0666667	0,1442960
Мазутная зола теплоэлектростанций	0,0131609	0,0333330
SiO ₂ (пыль неорганическая: 20–70%)	56,3347494	1,0763867
Пыль абразивная (корунд белый, монокорунд)	0,0011059	0,0080780
Итого:	61,7276267	9,8280667

Согласно полученным результатам были выявлены уменьшения и увеличения валовых выбросов.

Увеличение валового выброса:

– Fe₂O₃ – связано с увеличением времени работы заточного станка;
 – SO₂, NO₂, CO – связано с включением в проект нового ИЗА – внутренний проезд автотранспорта, а также транспорта, работающего на дизельном топливе;

Уменьшение валового выброса:

– SiO₂ (пыль неорганическая: 20–70%) на 55,2583627 т/год связано с сокращением объемов материалов, хранимых и пересыпаемых на площадке предприятия;

– бенз[а]пирен, бензин, керосин – связано с уменьшением количества автотранспорта, работающего на бензине.

Таким образом, для сокращения и минимизации выбросов следует усилить контроль за точным соблюдением технологического регламента производства, рассредоточить по времени работу оборудования, не участвующего в едином непрерывном технологическом процессе, а также усилить контроль за выбросами автотранспорта путем проверки состояния и работы двигателей.

Библиографический список

- ГОСТ 17.2.1-04-77. Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Основные термины и определения.
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитная зона и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
- Решетникова В. Г. Проект нормативов предельно-допустимых выбросов. Воронеж, 2020. 44 с.
- ГОСТ 17.2.3.02-2014. Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями.
- ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления предельно допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.
- Рекомендации по оформлению и содержанию проекта нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ) для предприятий. М. : Госкомприрода, 1989. 62 с.
- Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при складировании сыпучих материалов (на основе удельных показателей). СПб., 1997. 56 с.
- Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при механической обработке металлов (на основе удельных выделений). СПб., 1997. 82 с.
- Методика расчета выделений (выбросов) ЗВ в атмосферу при сварочных работах (по величинам удельных выделений). СПб. : фирма «Интеграл», 2000. 97 с.

10. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное). СПб. : фирма «Интеграл», 2012. 43 с.

ДИНАМИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РАЙОНЕ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

А. Е. Кузенкова, С. Н. Божко

Воронежский государственный университет, akuzenkova345@gmail.com

В статье представлена динамика земель сельскохозяйственного назначения и сельскохозяйственных угодий Центрально-Черноземного региона. Рассмотрены перспективы рационального использования.

Ключевые слова: сельскохозяйственные земли, сельскохозяйственные земельные угодья, динамика, земельные ресурсы, рациональное землепользование.

Использование и охрана земельных и других природных ресурсов затрагивают интересы страны и регионов, хозяйственных образований и отдельных граждан. Организация рационального использования земель и их охраны в России – важнейший фактор развития экономики государства. От того, как решается этот вопрос, во многом зависит не только экологическая, экономическая, но и социально-политическая обстановка в стране.

Эффективное развитие экономики государства во многом зависит от организации рационального использования и охраны земель. Разработка научно обоснованных прогнозов использования земель невозможна без анализа существующего их состояния, который выполняется по данным Государственного национального доклада, включающего статистическую информацию об изменении площадей земель за длительный период.

В соответствии со статьей 77 Земельного кодекса землями сельскохозяйственного назначения признаются земли, предоставленные для нужд сельского хозяйства или предназначенные для этих целей [1].

Анализ материалов Государственного национального доклада позволил установить, что по состоянию на 1 января 2021 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения в России составляла 380,8 млн га, в том числе сельскохозяйственных угодий – 222,0 млн га. По сравнению с 2011 годом площадь сельскохозяйственных земель уменьшилась на 5,3 млн га [2–4].

К данной категории отнесены земли, предоставленные различным сельскохозяйственным организациям. В нее входят также земельные участки, предоставленные гражданам для ведения крестьянского хозяйства, личного подсобного хозяйства, садоводства, огородничества, животноводства, сенокосения и выпаса сельскохозяйственных животных. Кроме этого, к катего-

рии земель сельскохозяйственного назначения отнесены земли, выделенные казачьим обществам и родовым общинам.

Эта тенденция характерна и для Центрально-Черноземного региона (ЦЧР). По состоянию на 1 января 2021 г. общая площадь земельного фонда ЦЧР составила 15,272 млн га. В Орловской области наблюдается увеличение земель сельскохозяйственного назначения на 40 тыс. га с 2011 по 2020 гг. В других областях происходит уменьшение сельскохозяйственных земель (табл. 1). Земли сельскохозяйственного назначения распределены между хозяйственными товариществами, обществами, производственными кооперативами, другими сельскохозяйственными организациями и учреждениями и предназначены для сельскохозяйственного производства [1–12].

Таблица 1

Динамика изменения земель сельскохозяйственного назначения по областям ЦЧР за 2011–2020 гг. (млн га)

Области	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Воронежская	4,206	4,198	4,190	4,188	4,187	4,182	4,177	4,176	4,176	4,176
Орловская	2,032	2,032	2,032	2,032	2,032	2,032	2,031	2,036	2,036	2,036
Тамбовская	2,819	2,818	2,784	2,784	2,784	2,784	2,783	2,783	2,783	2,782
Курская	2,278	2,279	2,279	2,279	2,280	2,279	2,278	2,275	2,272	2,272
Белгородская	2,098	2,096	2,095	2,095	2,093	2,092	2,087	2,088	2,089	2,088
Липецкая	1,937	1,935	1,931	1,927	1,925	1,923	1,921	1,918	1,918	1,918
ЦЧР	15,37	15,36	15,31	15,31	15,30	15,29	15,28	15,28	15,27	15,27

За последние 10 лет площадь земель сельскохозяйственного назначения ЦЧР уменьшилась 98 тыс. га (рис.). Это произошло за счет уменьшения этой категории земель в Воронежской области на 30 тыс. га, в Тамбовской области на 37 тыс. га, в Липецкой области на 19 тыс. га, в Курской области на 6 тыс. га, в Белгородской области на 10 тыс. га.

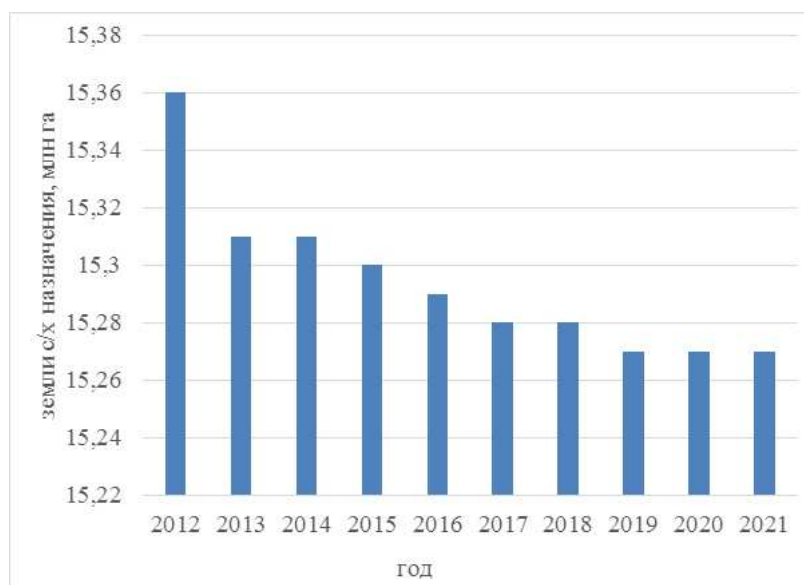


Рис. Динамика изменения земель сельскохозяйственного назначения в ЦЧР за 2011–2020 гг. (млн га)

Сокращение земель сельскохозяйственного назначения ЦЧР произошло в связи с включением земель указанной категории в земли населенных пунктов, а также в земли лесного фонда за счет проведения работ по передаче массивов, покрытых лесом, от сельскохозяйственных организаций в ведение лесхозов, включающие, в том числе, прекращение права постоянного (бессрочного) пользования (или владения) на ранее учтенные земельные участки, кадастровые работы по формированию новых земельных участков и документирование сведений о них в органах кадастрового учета.

В составе земель сельскохозяйственного назначения ЦЧР основную площадь занимают сельскохозяйственные угодья – 14,81 млн га, или 97,6% земель данной категории. В таблице 2 представлена динамика изменения площади сельскохозяйственных угодий в ЦЧР за 2011–2020 гг. [1–12].

Таблица 2

Динамика изменения площади в рамках сельскохозяйственных угодий в ЦЧР за 2011–2020 гг., млн. га

С/х угодья	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Пашня	11,92	11,59	11,88	11,89	11,24	11,21	11,21	11,88	11,88	11,26
Залежь	0,11	0,11	0,12	0,11	0,01	0,01	0,01	0,11	0,11	0,11
Многолетние Насаждения	0,21	0,21	0,21	0,21	0,14	0,13	0,14	0,21	0,21	0,21
Сенокосы	0,61	0,62	0,62	0,62	0,53	0,54	0,54	0,62	0,62	0,63
Пастбища	2,54	2,55	2,55	2,55	2,05	2,05	2,08	2,40	2,20	2,60
Итого угодий	15,39	15,38	15,38	15,38	13,97	13,94	13,98	15,22	15,02	14,81

Исследуя динамику изменения площади сельскохозяйственных угодий, следует отметить, что повышение площадей, занимаемых пашней в общей структуре сельскохозяйственных угодий. За период с 2011 по 2020 гг. площадь пашни уменьшилась на 660 тыс. га, но по-прежнему занимает ведущее место в распределении площадей среди сельскохозяйственных угодий ЦЧР. Площадь залежи и многолетних насаждений осталась без изменений. Площадь пастбища за 10 лет увеличилась на 60 тыс. га, а сенокосов на 20 тыс. га (табл. 2). Общая площадь сельскохозяйственных угодий ЦЧР уменьшилась за 10 лет на 580 тыс. га.

Для сохранения и воспроизводства плодородия почв, рационального использования сельскохозяйственных угодий, интенсификации производства, прекращения деградации черноземов реализуются мероприятия государственной программы.

Для обеспечения экономической стабильности агропромышленного комплекса ЦЧР необходимо принять меры по увеличению площадей земель сельскохозяйственного назначения.

Библиографический список

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ.
2. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2011 году. М., 2012. 137 с.

3. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году. М., 2021. 197 с.
4. Орловская область в цифрах : краткий статистический сборник. Орел, 2021. 190 с.
5. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2012 году. М., 2013. 142 с.
6. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2013 году. М., 2014. 187 с.
7. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2014 году. М., 2015. 154 с.
8. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2015 году. М., 2016. 148 с.
9. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2016 году. М., 2017. 157 с.
10. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2017 году. М., 2018. 227 с.
11. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2018 году. М., 2019. 227 с.
12. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. М., 2020. 206 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОГО ОСАДКА КОММУНАЛЬНЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ДИНАМИКУ ДЫХАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

*А. А. Вершинин, Л. К. Каримуллин, И. В. Князев, Э. Р. Зайнулгабидинов,
А. М. Петров*

*Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан, A-vershinin@mail.ru*

В лабораторных условиях проведены исследования дыхательной активности нефтезагрязненной серой лесной среднесуглинистой почвы, содержащей термически обработанный гранулированный осадок коммунальных сточных вод. Показано, что при разных уровнях нефтяного загрязнения на начальном этапе внесение гранулята способствует усилению интенсивности базального и субстрат-индуцированного дыхания, стабилизирует состояние микробных комплексов. Через 30 суток инкубирования стимулирующее действие внесенного осадка нивелируется, эмиссия углекислого газа в атмосферу снижается.

Ключевые слова: нефтепродукты, осадки сточных вод, базальное дыхание, субстрат-индуцированное дыхание, коэффициент микробного дыхания.

Проблема восстановления свойств и плодородия нефтезагрязненных почв не теряет свою актуальность [1]. Необходимость снижения экологических последствий техногенного воздействия, скорейшего возвращения загрязненных почв в хозяйственный оборот требует научного обоснования и

разработки экономически и экологически эффективных подходов к их рекультивации.

Дыхательная активность почв является объективным индикатором ее состояния, а в случае техногенного воздействия позволяет оперативно оценить окислительный потенциал, активность и уровень воздействия поллютанта на почвенную микрофлору. При проведении рекультивационных работ на загрязненных нефтью почвах показатели дыхательной активности позволяют объективно оценить эффективность проведения тех или иных восстановительных мероприятий, в том числе и последствия внесения органических и минеральных веществ, ускоряющих процессы детоксикации присутствующих в почве поллютантов.

В настоящее время для обеззараживания образующихся на биологических очистных сооружениях г. Казани осадков сточных вод (ОСВ) применяется технология их термомеханической обработки. В результате обезвоживания и сушки образуется не содержащая бактерии группы кишечной палочки (БГКП), достаточно устойчивая к воздействию влаги субстанция, обозначенная далее как «гранулят». Наличие в его составе большого количества органических и минеральных веществ предполагает возможность использования гранулята в качестве стимулятора микрофлоры почв в процессе рекультивации нефтезагрязненных территорий [2].

Цель настоящего исследования состояла в изучении влияния гранулята ОСВ на динамику физиологической активности рекультивируемой нефтезагрязненной серой лесной почвы.

Исследования проводились в модельном опыте. В серую лесную среднесуглинистую (Сл) почву вносили различные количества парафинистой, сернистой смолистого типа нефти Ямашинского месторождения Республики Татарстан. Каждая проба делилась на две части, одна из которых являлась контролем (опыт Сл), во вторую часть пробы добавляли гранулят ОСВ из расчета 2% по массе (опыт СлГ). Почвы увлажнялись до 20%, перемешивались и выдерживались в течение 5 суток. После этого в них определялась дыхательная активность [3, 4]. Повторный анализ был проведен через 30 дней после начала эксперимента. Содержание нефтепродуктов определяли ИК-спектрометрическим методом [5]. Результаты представлены в таблице.

Таблица

Содержание нефтепродуктов в образцах серой лесной почвы

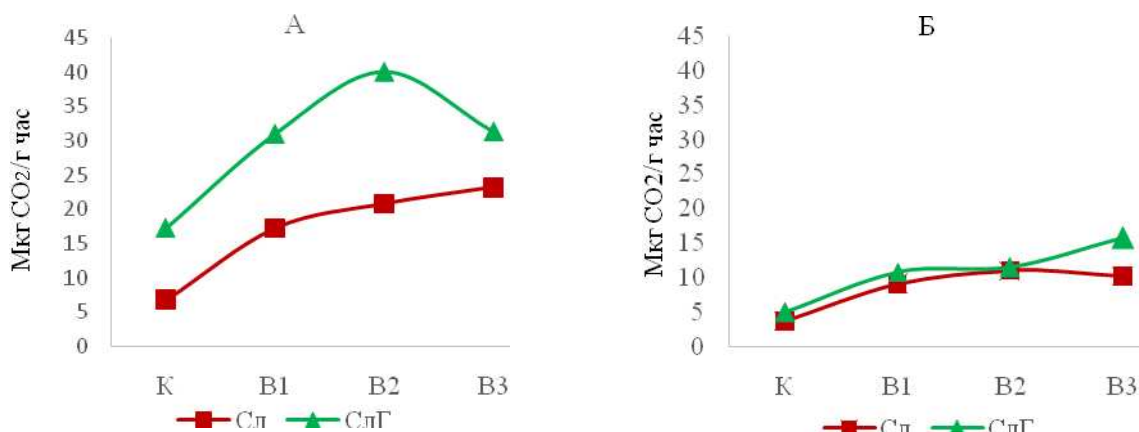
Вариант	Количество внесенной нефти, г/кг	Содержание нефтепродуктов, г/кг
К	0	< 0,05
В1	21,6	6,1
В2	37,8	14,4
В3	55,1	19,7

Внесение нефти в Сл почву сопровождалось усилением базального дыхания ($V_{\text{базал}}$). Добавление в загрязненную почву гранулята дополнительно стимулировало $V_{\text{базал}}$ (рис. 1, 1А). Через 30 суток инкубации уровень $V_{\text{базал}}$

резко снижался и различия в интенсивности дыхания почв с гранулятом и без него нивелировались (рис. 1, ИБ).

Скорость субстрат-индуцированного дыхания ($V_{\text{сид}}$), отражающая активность микробного пула в вариантах опыта Сл практически не зависела от дозы вносимой нефти (рис. 1, ПА). В образцах, содержащих гранулят, фиксировали увеличение величины $V_{\text{сид}}$ в 5,3–7,4 раза (в зависимости от концентрации поллютанта) по сравнению с чистой почвой. Через 30 суток интенсивность $V_{\text{сид}}$ образцов без гранулята оставалась на прежнем уровне, тогда как в загрязненной почве с гранулятом уровень $V_{\text{сид}}$ значительно снижался (рис. 1, ИБ).

I



II

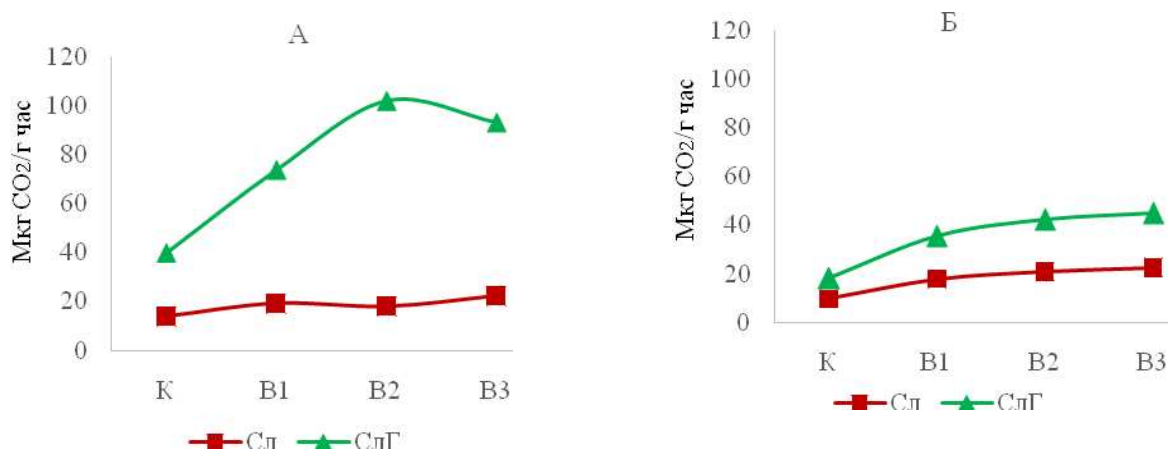


Рис. 1. Дыхательная активность нефтезагрязненной серой леной почвы:
 I – $V_{\text{базал}}$; II – $V_{\text{сид}}$. А – исходное дыхание;
 Б – дыхание через 30 суток инкубации

Коэффициент микробного дыхания (Q_r), отражающий уровень воздействия неблагоприятных факторов на почву, в опыте с Сл зависел от концентрации нефтепродуктов и располагался в диапазоне 0,49–1,16, означая высокую степень неблагоприятного воздействия загрязнителя на почву (рис. 2 А).

В вариантах почв с гранулятом, напротив, установлено снижение Q_r с 0,44 до 0,34. Это свидетельствует о повышении стабильности микробного сообщества в присутствии гранулята. По окончании эксперимента величина Q_r почв в опыте Сл снижалась, но по-прежнему превышала уровень образцов опыта СлГ (рис. 2 Б).

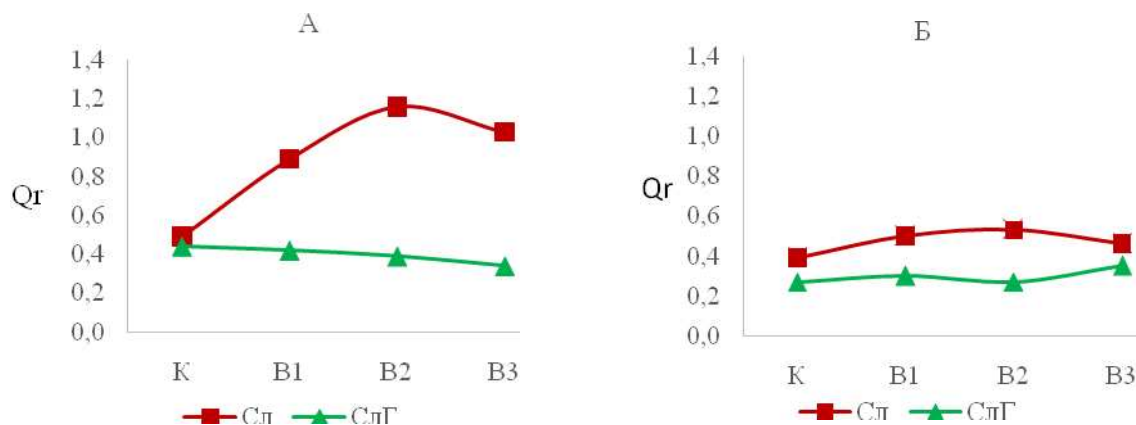


Рис. 2. Коэффициент микробного дыхания (Q_r) нефтезагрязненной СЛ почвы: А – исходное значение; Б – через 30 суток инкубации

Таким образом, внесение гранулята ОСВ в загрязненную нефтью серую лесную почву повышает дыхательную активность и устойчивость к поллютанту, стабилизирует микробный пул почвы. По истечении 30 суток стимулирующее действие гранулята на почвенное дыхание нефтезагрязненной почвы нивелируется, эмиссия CO_2 в атмосферу снижается практически до уровня контрольного опыта.

Библиографический список

1. Новоселова Е. И., Киреева Н. А. Ферментативная активность почв в условиях нефтяного загрязнения и ее биодиагностическое значение // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 2. С. 4–12. doi: 10.25750/1995-4301-2009-2-004-012
2. Исследование и оценка физико-химических, токсикологических и микробиологических характеристик гранулята – термически обработанного илового осадка биологических очистных сооружений канализации и научное обоснование направлений его утилизации // Отчет Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан. Казань, 2022. 23 с.
3. Микробный углерод серых лесных почв в условиях длительного нефтяного загрязнения / А. А. Вершинин, Л. К. Каримуллин, А. А. Утомбаева, А. М. Петров // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 2. С. 47–56.
4. 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 Нижневартковского государственного университета. 2021. № 2 (54). С. 112–118.
5. ПНД Ф 16.1.2.2.22-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрии. [Электронный ресурс]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293831/4293831615.htm> (дата обращения: 01.03.2023).

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОЛОНГИРОВАННОГО КАРБАМИДО-ФОРМАЛЬДЕГИДНОГО УДОБРЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ

А. М. Сабиров¹, Р. Х. Хузиахметов², С. Б. Усманов¹, Р. Х. Гафиятов¹

¹ *Казанский государственный аграрный университет,
sabairat@mail.ru, Salusmanov7@yandex.ru, rgafiyat@mail.ru*

² *Казанский национальный исследовательский технологический университет,
gafiat2013@mail.ru*

Представлены результаты исследований по оценке влияния карбамидо-формальдегидного удобрения (КФУ) с регулируемой скоростью растворения на биометрические показатели сеянцев некоторых хвойных пород в лесном питомнике «Матюшинский» (Предкамская природно-климатическая зона Республики Татарстан). Показано, что максимальный прирост по высоте наблюдался у лиственницы сибирской при внесении карбамида, а максимальный прирост диаметра ствола – при внесении одного из образцов КФУ.

Ключевые слова: карбамид, формалин, карбамидо-формальдегидное удобрение, технология, хвойные культуры, высота сеянцев, диаметр стволика.

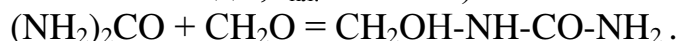
Производство и применение крупнотоннажных азотных удобрений (аммиачная селитра, карбамид) из-за их высокой растворимости создает значительные экологические проблемы, основными из которых являются загрязнение артезианской воды и эвтрофикация водоемов. Потери азота указанных удобрений очень высоки (в зависимости от количества атмосферных осадков составляют ~ 50–70%), следовательно, разработка технологии медленно растворимых азотных удобрений является весьма актуальной.

Технология карбамидо-формальдегидного удобрения (КФУ) путем взаимодействия карбамида (Кмд) с формалином (раствор формальдегида – Фгд) является наиболее изученной. В работах [1, 2] показано положительное влияние КФУ на развитие некоторых зерновых, кормовых и технических культур (пшеница, рапс, суданская трава, хлопок и др.). Необходимость проведения исследований по оценке влияния КФУ на развитие хвойных лесных культур в климатических условиях Среднего Поволжья продиктована тем, что в некоторых его субъектах лесные площади занимают относительно небольшую часть территории. В Республике Татарстан, который относится к малолесным регионам, леса занимают всего ~ 18% площади (~ 1,2 млн га) и поставлена задача довести ее минимум до 25% (~ 1,7 млн. га) в ближайшие годы (для сравнения – в Кировской области площадь лесов ~ 62%, в Оренбургской – всего ~ 6%) [3]. В лесных питомниках Татарстана ежегодно выращивается всего ~ 21 млн саженцев (на 1 га необходимо 4 500–6 500 саженцев хвойных пород), поэтому проблема получения здорового стандартного посадочного материала за короткий срок остается актуальной.

Целью данной работы была разработка способа получения КФУ с регулируемой скоростью растворения и оценка его влияния на развитие семян некоторых хвойных пород деревьев. Основной задачей при этом было установление влияния КФУ на высоту и диаметр семян, а также на их сохранность.

Образцы КФУ получали путем смешения раствора карбамида с формалином ($\Phi_{гд} = 37\%$). Смесь нагревали, выдерживали для удаления избыточной свободной влаги, а образовавшуюся густую массу гранулировали экструзией в процессе ее твердения. Основные физико-механические свойства (продолжительность растворения гранул, влагопоглощение) определяли стандартными методами [2, 4].

При стехиометрическом соотношении «Кмд : $\Phi_{гд}$ » = 1 : 1 моль конечным продуктом реакции является монометилолкарбамид – ММК ($N = 31,1\%$, растворимость $P = 40$ г/100 г воды, $t_{пл.} = 111$ °С):



При отношении «Кмд : $\Phi_{гд}$ » < 1 моль получаемое КФУ представляют собой смесь «Кмд+ММК» ~ (70–30)% : (30–70)% (сумма $N \sim 35$ –40%). Составы КФУ достаточны сложны и в зависимости от условий взаимодействия (рН, температура, катализатор и т. д.) образуются различные соединения ($N_2H_8C_3O_3$ – диметилкарбамид, $N_4H_8C_3O_2$ – метиленикарбамид и т.д.), растворимость которых значительно меньше (13,6 г и 1,3 г/100 г воды, соответственно) [5].

Основными критериями качества получаемых КФУ являются:

- содержание азота (не менее 35%);
- соотношение быстрорастворимого карбамида и медленнорастворимого монометилолкарбамида [оптимум $N_{(ММК)} : N_{(Кмд)} = 1 : (0,5 \div 1,5)$ мас].

Составы КФУ, рассчитанные на получение монометилолкарбамида [при «Кмд : $\Phi_{гд}$ » = 1 : (0,2 ÷ 0,6) моль], представлены в таблице 1.

Таблица 1

Составы КФУ при различных соотношениях сырьевых компонентов

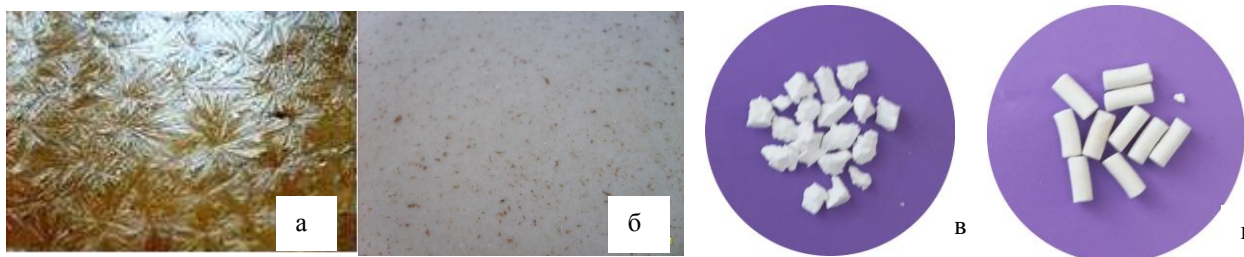
[$N_{(ММК)}$ – азот монометилолкарбамида, $N_{(Кмд)}$ – азот карбамида]

Образцы КФУ	Кмд : $\Phi_{гд}$, моль	Состав КФУ, %		Элементы питания	
		ММК	карбамид	сумма N	$N_{(ММК)} : N_{(Кмд)}$
КФУ-1	1:0,2	27,3	72,7	41,7	8,5%:33,2% / (0,26:1 мас.)
КФУ-2	1:0,4	50	50	38,3	15,5%:22,8% / (0,68:1 мас.)
КФУ-3	1:0,6	69,2	30,8	35,4	21,5%:13,9% / (1,55:1 мас.)

Как видно, в интервале соотношений «Кмд : $\Phi_{гд} = 1 : (0,2 \div 0,6)$ моль» возможно получение КФУ с оптимальным соотношением быстро – и медленнорастворимого азота в пределах « $N_{(ММК)} : N_{(Кмд)} = 1 : (0,26 \div 1,55)$ мас» (при «Кмд : $\Phi_{гд} = 1 : 1$ моль соотношение $N_{(ММК)} : N_{(Кмд)} = 1 : 0$ мас.).

Следует подчеркнуть, что экспериментальные составы КФУ по содержанию азота не всегда совпадают с расчетными. Это связано с возможностью образования не только монометилолкарбамида, но и других соединений ($N_2H_8C_3O_3$, $N_4H_8C_3O_2$ или их смеси).

В образцах КФУ, полученных при малых соотношениях «Кмд : Фгд» < 1 : 0,2 моль» (суммарное содержание N > 40%), количество малорастворимого ММК недостаточно для того, чтобы удерживать внутри своей массы значительное количество свободного карбамида (рис.).



КФУ (плитка)

Кмд : Фгд = 1 : 0,1 моль

КФУ (плитка)

Кмд : Фгд = 1 : 0,25 моль

гранулы КФУ

неправильной
формы

гранулы КФУ

цилиндрической
формы

Рис. Образцы КФУ различных форм: а и б – плитка толщиной 2–4 мм, полученные при твердении реакционной смеси; в – гранулы (дробленая плитка); г – гранулы, полученные экструзией

При соотношении «Кмд : Фгд» = 1 : 0,1 моль основная масса карбамида кристаллизуется на поверхности, что приводит лишь к незначительному уменьшению скорости растворения гранул. При соотношении «Кмд : Фгд» = 1 : 0,25 моль образуется гомогенная масса с равномерным распределением карбамида и ММК (что способствует значительному уменьшению скорости растворения гранул КФУ).

Скорость растворения гранул КФУ ($d = 2\text{--}2,5$ мм), полученных при различном соотношении «Кмд : Фгд», меньше в ~5–15 раз (относительно карбамида таких же размеров). Карбамид растворяется в течение ~5 мин, продолжительность полного растворения образцов КФУ-1, КФУ-2 и КФУ-3 составляет примерно 20 мин, 40 мин и 80 мин, соответственно.

На следующем этапе работ были проведены исследования по оценке влияния КФУ на развитие сеянцев некоторых хвойных пород деревьев в течение 2 лет в базисном лесном питомнике «Матюшинский» (Пригородный лесхоз Республики Татарстан). Почвы опытного участка питомника (светло-серые лесные, легкого механического состава, рН ~ 4,5) характеризуются низким содержанием гумуса (в слое 0–20 см ~ 1–1,3%). Содержание НРК в 1 и 2 года выращивания сеянцев менялось в следующих пределах (мг/кг почвы): азот щелочногидролизующий ~ 50–81, фосфор подвижный ~ 51–79, обменный калий ~ 60–62.

Посев семян проводили в ленты шириной 2 м (количество строк в ленте – 7, площадь 1 делянки – 12 м², повторность в опытах – 3-х кратная). Удобрения вносили после посева семян (норма внесенного N = 60 г д. в. на делянку), во 2-й год в соответствующие варианты их вносили снова в тех же количествах.

В период вегетации деланки поливали водой (поддерживая оптимальную влажность почвы) и делали прополку.

В предварительных опытах оценивали влияние азотных удобрений и КФУ на биометрические показатели (высота H , см), диаметр стволика у корневой шейки ($D_{скш}$, см), длина корня (L_k , см) и массу одного сеянца (табл. 2).

Таблица 2

Влияние азотных удобрений на показатели роста и массу сеянцев ели европейской (числитель – 1-й год, знаменатель – 2-й год)

Вариант опыта	Биометрические показатели				Масса одного сухого растения (осень 2 года), г			
	H , см	$D_{скш}$, см	прирост $\frac{H_{1-й год} - H_{2-й год}}{D_{скш}}$	L_k , см (2 год)	надземная часть, $m_{нз}$	подземная часть, $m_{пз}$	сумма	$\frac{m_{нз}}{m_{пз}}$
Контроль	$\frac{3,8}{13}$	$\frac{0,14}{0,2}$	$\frac{9,2}{0,6}$	11	0,85	0,45	1,3	1,9
Аммиачная селитра	$\frac{4,0}{14,5}$	$\frac{0,15}{0,22}$	$\frac{10,5}{0,7}$	12,0	1,04	0,32	1,38	3,3
Карбамид	$\frac{4,6}{14}$	$\frac{0,15}{0,22}$	$\frac{9,4}{0,7}$	14,0	1,5	0,38	1,89	3,9
КФУ-1 (Кмд:Фгд = 0,2 моль)	$\frac{4,8}{15,9}$	$\frac{0,15}{0,22}$	$\frac{11,1}{0,7}$	14,0	1,39	0,52	1,91	2,6

Видно, что аммиачная селитра и карбамид влияют на биометрические показатели растений практически одинаково, а внесение КФУ дает более высокий прирост по высоте. Следует подчеркнуть, что КФУ способствует получению более оптимального соотношения биомассы надземной части растений к подземной части – « $m_{нз} : m_{пз}$ » = 2,6 (в случае карбамида « $m_{нз} : m_{пз}$ » = 3,9).

В следующей серии опытов в почву вносили карбамид и КФУ с различной скоростью растворения (табл. 3).

Таблица 3

Влияние карбамида и КФУ на биометрические показатели сеянцев ели европейской (числитель – 1-й год, знаменатель – 2-й год)

Варианты (удобрение)	Показатели роста			Сохранность, %
	H , см	$D_{скш}$, см	прирост ($H : D_{скш}$), см (% к контролю)	
1	2	3	4	5
Ель европейская				
1. Контроль	4,3/15	0,15/0,22	10,7(±0%) / 0,07(±0%)	86
2. Карбамид	4,6/ 18,2	0,15/0,23	13,6(+27%) / 0,08(+14%)	96
3. КФУ-1	4,9/15,9	0,14/0,23	11,0(+3%) / 0,09(+28%)	89
4. КФУ-2	4,8/16,1	0,15/0,24	11,3(+6%) / 0,09(+28%)	86
5. КФУ-3	4,7/15	0,15/0,24	10,3(-4%) / 0,09(+28%)	91

1	2	3	4	5
Сосна обыкновенная				
1. Контроль	6,2/15,3	0,27/0,36	9,1(±00%) / 0,09(±00%)	63
2. Карбамид	6,3/15,9	0,3/0,42	9,6(+5%) / 0,12(+33%)	76
3. КФУ-1	5,3/17	0,3/0,42	11,7(+28%) / 0,12(+33%)	63
4. КФУ-2	8,5/ 17,7	0,28/0,38	9,2(+1%) / 0,1(+11%)	67
5. КФУ-3	8,2/17,1	0,29/0,37	8,9(-2%) / 0,08(-11%)	74
Лиственница сибирская				
1. Контроль	16,5/31,3	0,24/0,43	14,8((±0%) / 0,19(±0%)	78
2. Карбамид	17,2/ 46,4	0,26/0,54	29,2(+97%) / 0,28(+47%)	82
3. КФУ-1	16,3/40,8	0,22/0,53	24,5(+65%) / 0,31(+63%)	83
4. КФУ-2	17,0/43,2	0,28/0,54	26,2(+77%) / 0,26(+37%)	80
5. КФУ-3	17,3/41,4	0,27/0,53	24,1(+63%) / 0,26(+37%)	86

Основными критериями сеянцев являются [6]:

– минимальная высота: для 2-летних сеянцев ели европейской (*Picea abies* Karst) и сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) – не менее 12 см, лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.) – не менее 15 см;

– минимальный диаметр стволика у корневой шейки ($D_{скш}$) для указанных пород – 0,2 см; 0,2 см и 0,3 см, соответственно.

Как и следовало ожидать, в 1-й год влияние азотных удобрений на развитие сеянцев было несущественно, т.к. для их небольших размеров достаточно даже минимального количества азота в почве питомника. Во 2-й год практически все внесенные азотные удобрения обеспечили существенный прирост по сравнению с контролем (как по высоте сеянцев, так по диаметру их стволика). Наибольшая высота сеянцев ели (18,2 см) и лиственницы (46,4 см) достигнута при внесении карбамида, а сосны (17,7 см) – при внесении КФУ-2. Применение образца КФУ-1 привело также и к максимальному увеличению диаметра ствола всех видов сеянцев (ели, лиственницы и сосны).

На основе полученных данных можно сделать следующие выводы:

1) на развитие сеянцев положительно влияют как исходный карбамид, так и пролонгированные карбамидо-формальдегидные удобрения, полученные на его основе [максимальный прирост по высоте наблюдался у лиственницы сибирской при внесении карбамида (+97% относительно контроля), а максимальный прирост диаметра стволика – при внесении образца КФУ-1 (+63%)];

2) на основе полученных результатов скорректированы оптимальный состав КФУ (образцы, полученные при соотношении «Кмд : Фгд» = 1 : (0,1÷0,2 моль) и следовательно, оптимальная скорость растворения гранул КФУ;

3) показано, что четкой закономерности влияния карбамида и КФУ на сохранность сеянцев не наблюдается.

Библиографический список

1. Синолиций В. Г. Разработка безотходной технологии мочевиноформальдегидного удобрения : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.01. Ташкент, 1985. 18 с.
2. Пат. № 2457666 РФ / А. М. Сабиров, Р. Х. Хузиахметов. Заявка №2010100514/13 от 11.01.2010, опубл. 10.08.2012.
3. Лесной план Республики Татарстан. Казань, 2008. С. 25–33.
4. Технология пролонгированного карбамида-формальдегидного удобрения и оценка его влияния на активность микрофлоры почвы, загрязненной углеводородами / Р. Ш. Набиуллин, Р. Х. Хузиахметов, С. В. Афанасьев, А. В. Сазанов // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2022. С. 436–441.
5. Афанасьев С. В., Шевченко Ю. Н., Кравцова М. В. Азотные удобрения пролонгированного действия // Химическая техника. 2017. № 9. С. 33–35.
6. ОСТ 56-98-93. Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород. Технические условия. М. : Изд-во стандартов, 1994. 27 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РАДИЯ-226 ИЗ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ПОЧВ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

*Н. Г. Рачкова, Л. М. Шапошникова, А. П. Карманов
ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, rashkova@ib.komisc.ru*

Изучены перспективы и специфика реагентной дезактивации загрязненных радием-226 аллювиальных и подзолистых почв, отобранных на 5 локальных участках в Республике Коми. Установлено, что для выщелачивания радионуклида из них наиболее эффективны растворы 1М соляной кислоты, 0,3М хлорида железа и 0,3М нитрата алюминия. Наряду с видом реагента степень очистки почв определялась уровнем загрязнения и типом почвообразования, варьируя в разных случаях от 1,3 до 90%.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, почва, радий-226, дезактивация, реагентные методы.

Для улучшения условий проживания населения в критических радиоактивно загрязненных районах необходима опережающая разработка отдельных этапов и завершенных полных технологий дезактивации почв, а также мониторинг качества земель сельскохозяйственного назначения в районах загрязнения, что обуславливает актуальность настоящего исследования [1, 2]. Целью работы было экспериментальное изучение эффективности дезактивации загрязненных радием-226 почв северной тайги с использованием ряда химических реагентов.

Исследование проводили с использованием 12 образцов из слоя почв (0–40 см) подзолистого и аллювиального типов, отобранных в Республике Коми на 5 локальных участках, загрязненных вследствие добычи радия из

подземных вод (табл. 1). Радий-226 является основным загрязнителем грунтов на этих локализациях, характеризующихся радиационным фоном до 1100 мкР/ч. Ранее [3] было установлено, что для уменьшения уровня радиоактивности исследованных почв может быть рекомендовано отделение почвенной механической фракции с размерами частиц меньше 0,1 мм. В образцах двух локализаций фракция содержала в среднем свыше 20%, а в пробах двух других производственных площадок – 50% валовой удельной активности (УА) радионуклида в почвах. Кроме того, было показано [3], что в исследуемых радиоактивно загрязненных почвах радионуклид преимущественно зафиксирован в почвенном поглощающем комплексе и, вследствие этого, геохимически мало подвижен.

Основываясь на этих результатах, с целью дезактивации образцов почв с разными условиями почвообразования и уровнями радиоактивного загрязнения, были опробованы 9 растворов (табл. 2). При проведении экспериментов применяли статический режим экстракции, непрерывное перемешивание, температура 20 °С, соотношение фаз Т : Ж= 1 : 5, время их контакта 24 ч, отделение фаз фильтрованием через фильтр «белая лента».

Таблица 1

Краткое описание исследованных почвенных образцов

№ участка	№ образцов	Описание места отбора
1	1, 2, 3	Аллювиально-дерновая почва, рекреационная зона, на земной поверхности до 1100 мкР/ч
2	4, 5, 6	Эмбриозем на аллювиально-дерновой почве, селитебная зона, на земной поверхности до 1100 мкР/ч
3	7, 8, 9, 10	Эмбриозем на подзоле иллювиально-железистом, селитебная зона, на земной поверхности до 100 мкР/ч
4	11	Подзол иллювиально-железистый, рекреационная зона, на земной поверхности до 1000 мкР/ч
5	12	Подзолистая почва, рекреационная зона, радиационный фон на земной поверхности до 1000 мкР/ч

В ходе предварительной подготовки к эксперименту почвы высушивали при комнатной температуре и просеивали через сито с размером ячеек 1 мм, отбрасывали мелкие камни и корни растений. Измерение удельной активности радия-226 в экстрактах проводили в аккредитованной лаборатории (аттестат аккредитации РОСС RU.0001.21PK70) с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс» [4]. При этом информация об УА радия-226 в экстрактах позволяла оценить и сравнить дезактивирующую способность разных экстрагентов. В то же время об эффективности дезактивации самих почв можно судить по результатам расчета доли экстрагированного тем или иным способом радия-226 от его общего (валового) количества в почвенных образцах.

Состав использованных дезактивирующих растворов

№ пп.	Обозначение	Химический состав экстрагентов*
1	C1	0,3 моль/л хлорида железа
2	C2	0,5 моль/л хлорида бария
3	C3	0,3 моль/л нитрата алюминия
4	C4	0,5 моль/л нитрата алюминия
5	C5	0,5 моль/л хлорида аммония
6	C6	1 моль/л хлорида аммония
7	C7	1 моль/л соляной кислоты
8	C8	1 моль/л соляной кислоты с добавкой хлорида аммония (1 моль/л)
9	C9	1 моль/л соляной кислоты с добавкой хлорида аммония (0,5 моль/л)

Примечание: * – квалификация всех исходных веществ х. ч.

Сравнение результатов измерений свидетельствует, что наиболее высокие концентрации (УА) радия-226 обнаруживались в почвенных экстрактах C7, C1, C3, C4, C9, C2, в число которых кроме разбавленного раствора соляной кислоты входят растворы солей железа(III), алюминия и бария. Таким образом, мы приходим к заключению, что разрушение почвенных соединений, структур и агрегатов в сильноокислой среде, сходство химических свойств катионов щелочноземельных элементов в процессах почвообразования, процессы комплексообразования в почве ионов железа и алюминия являются наиболее важными для эффективной реагентной дезактивации исследуемых почв от радия.

Как правило, сравнительно низкой дезактивирующей способностью обладали растворы хлорида аммония C5 и C6. Их добавление в разбавленный раствор соляной кислоты с целью увеличения ионной силы раствора и усиления процессов катионного обмена в основном не приводило к увеличению степени очистки почвенных образцов от радия. Обратный эффект наблюдался лишь в случае проб 10 и 11, представляющих почвы двух разных локализаций, для которых дезактивирующая способность смесей 1М соляной кислоты и хлорида аммония (C8 и C9) оказалась несколько выше, чем для варианта эксперимента C7 с раствором соляной кислоты без добавления соли. В большинстве случаев сравнительно эффективными экстрагентами радия являлись растворы хлорида бария C2. В частности, это было характерно для проб почвы с участка 3.

Сопоставление результатов экстракции радия-226 из почвы растворами нитрата алюминия (0,3 и 0,5 моль/л) свидетельствует, что концентрация реагента не оказывает значимого влияния на результат ремедиации почвенных образцов. Это подтверждает нецелесообразность применения растворов с высокой концентрацией нитрата алюминия для дезактивации от радия таежных почв подзолистого и аллювиального типов. В то же время анализ закономерностей реагентной дезактивации почвенных образцов растворами хлорида

аммония разной концентрации свидетельствует о большей эффективности реагента при высокой его концентрации в дезактивирующем растворе.

Растворы хлоридов железа и алюминия, как реагентов со сходной вытеснительной силой катионов, демонстрировали близкие показатели способности извлекать радий из загрязненных почв, за исключением пробы 12 (участок 5 с почвой подзол иллювиально-железистый), в случае которой экстракция радия солью железа была более существенной. Для разных проб с одного участка (локализации) выше приведенные закономерности в основном хорошо воспроизводились. Особенно строго они соблюдались для образцов с селитебного участка 2 с аллювиально-дерновой почвой.

Анализ степени очистки разных почв от радия-226 показала, что реагентная дезактивация может быть эффективной для проб с разных участков. В случае проб почвы с селитебного участка 3, характеризующегося аллювиально-дерновой почвой, эффективность извлечения радионуклида дезактивирующими растворами варьирует от 3,1 до 90%, достигая максимальных показателей для пробы 9 с наиболее низким содержанием радия-226 (0,09 Бк/г), превышающим примерно в 10 раз его фоновые удельные активности в почвах региона (9–13 мБк/г по данным [5]). Для аллювиальных почв с участка 2, расположенного также в селитебной зоне, относительное содержание вытесненного в экстракты радия-226 изменялось от 1,3 до 22,7%. Близкие к этим характеристики дезактивации были продемонстрированы на примере пробы 12, отобранной на участке 4, расположенном в рекреационной зоне района (от 2 до 16,7%). Для участка 1 относительное содержание вытесненного в экстракты радия-226 достигало 9,3%, для участка 5 – 10,3%.

По мере уменьшения способности вытеснить радий-226 дезактивирующие растворы разного состава можно расположить в убывающие ряды:

пробы 1 участка 1 – C1 > C3 > C7 > C4 > C2 > C9 > C8 > C5 > C6;

пробы 2 участка 1 – C1 > C3 > C7 > C5 > C2;

пробы 3 участка 1 – C3 > C7 > C1 > C2 > C5;

пробы 4 участка 2 – C7 > C3 > C1 > C2 > C5;

пробы 5 участка 2 – C7 > C9 > C3 > C4 > C1 > C8 > C2 > C6 > C5;

пробы 6 участка 2 – C7 > C9 > C4 > C1 > C8 > C3 > C6 > C2 > C5;

пробы 7 участка 3 – C1 > C7 > C2 > C5 > C3;

пробы 8 участка 3 – C3 > C7 > C2 > C5 > C1;

пробы 9 участка 3 – C7 > C8 > C2 > C6 > C4 > C9 > C3 > C5 > C1;

пробы 10 участка 3 – C9 > C8 > C6 > C2 > C4 > C7 > C5 > C3 > C1;

пробы 11 участка 4 – C9 > C6 > C8 > C3 > C2 > C7 > C1 > C5 > C4;

пробы 12 участка 5 – C7 > C1 > C9 > C4 > C2 > C3 > C8 > C6 > C5.

Обобщение представленных данных экстракции радия-226 из почв разных радиоактивно загрязненных локальных участков свидетельствует о том, что для реагентной дезактивации почвы на участке 1 наиболее эффективными являются растворы 1М соляной кислоты, 0,3М хлорида железа и 0,3М нитрата алюминия. В случае ремедиации от радия-226 селитебного участка 2 наиболее успешной является также промывка почвенной массы растворами

1М соляной кислоты, в том числе с добавлением хлорида аммония, растворами солей железа и алюминия. Эти же экстрагенты предпочтительны для реабилитации участков 4 и 5. Кроме уже названных реагентов, одними их лучших характеристик по вытеснению радия-226 из почвы участка 3 в селитебной зоне отличается 0,5М раствор хлорида бария. Наряду с видом реагента, степень очистки почв определялась уровнем загрязнения и типом почвообразования, варьируя в разных случаях от 1,3 до 90%.

Исследования выполнены в рамках Госзадания Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук № 122040600024-5.

Библиографический список

1. Рачкова Н. Г., Раскоша О. В. Последствия поступления урана и радия-226 в организмы растений и животных на территории складирования отходов радиевого промысла // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 188–195. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-188-195

2. Шапошникова Л. М. Фитопоглощение радия-226 из техногенно загрязненных почв на примере *Chamaenerion angustifolium*, *Lathirus pratensis* и *L. vernus* // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 4. С. 53–60. doi: 10.25750/1995-4301-2018-4-053-060

3. Рачкова Н. Г., Шапошникова Л. М. Оценка перспектив механической и реагентной дезактивации загрязненных радием почв в Республике Коми // Успехи современного естествознания. 2022. № 8. С. 96–101. doi: 10.17513/use.37873

4. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс» (Свидетельство об аттестации МВИ № 40090.3Н700 от 22.12.2003 г.).

5. Beznosikov V. A., Lodygin E. D., Shuktomova I. I. Artificial and natural radionuclides in soils of the southern and middle taiga zones of Komi republic// Eurasian Soil Science. 2017. Vol. 50. No. 7. P. 814–819. doi: 10.1134/S1064229317050039

ВОЗМОЖНОСТИ ХИМИЧЕСКОГО ИНДУЦИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФИТОЭКСТРАКЦИИ РТУТИ ИЗ ПОЧВ

А. Ю. Кушу, А. С. Макарова

*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
ana.kushu@yandex.ru*

В статье представлено исследование химического индуцирования фитоэкстракции ртути из загрязненных почв с использованием кресс-салата (*Lepidium sativum*). Изучена стратегия фитоэкстракции с использованием функциональных препаратов. Рассчитаны коэффициенты биоаккумуляции и транслокации ртути в растениях кресс-салата.

Ключевые слова: фитоэкстракция, биоаккумуляция, транслокация, очистка почв, тяжелые металлы, химические препараты.

Развитие промышленности неразрывно связано с расширением использования химических веществ [1]. Среди промышленных токсикантов важное место занимают ртуть и ее соединения [2, 3]. По данным Всемирной организации здравоохранения [4] ртуть входит в десятку самых опасных химических соединений для человека.

Одними из основных источников прямого поступления ртути в почву являются неучтенные потери предприятий по выпуску хлора и каустической соды, которые поступают непосредственно в почвогрунты на территории или вблизи производственных предприятий, предприятий цветной металлургии, а также поступление ртути в почвогрунты при использовании сточных вод для орошения и разработки месторождений ртути [5]. Примером является территория бывшего химического предприятия ООО «Усольехимпром», расположенного в Иркутской области на берегу реки Ангара.

Для анализа концентраций ртути с территории предприятия были взяты пробы почвы. Результаты определения концентраций ртути представлены на рисунке 1.

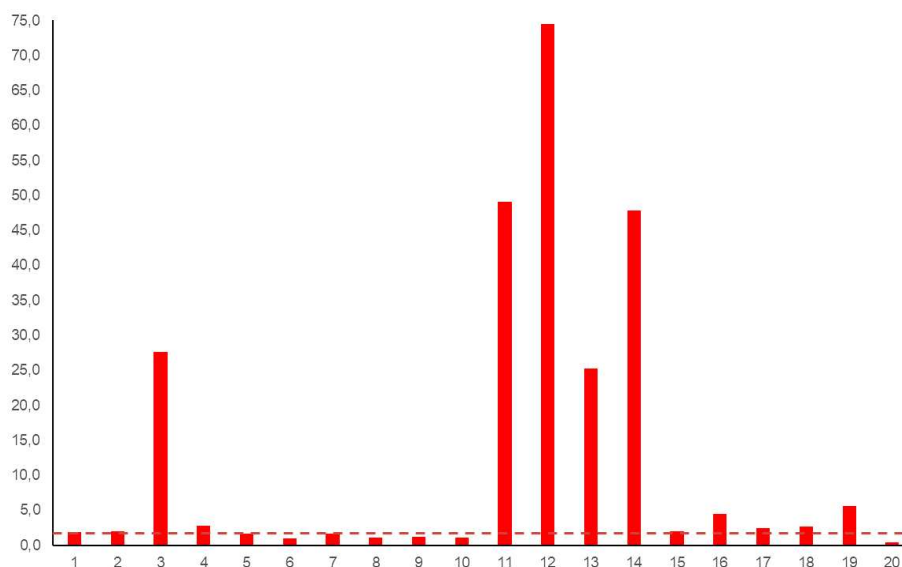


Рис. 1. Содержание ртути в отобранных пробах почвы, мкг/г

Превышение ПДК ртути в почве (2,1 мкг/г) отмечается в пробах, которые были отобраны в местах непосредственной близости к цеху ртутного электролиза.

При загрязнении ртуть накапливается в верхних горизонтах почвы, что приводит к постепенному изменению ее химического состава и увеличению негативного воздействия на биоту. Большой потенциал в целях ремедиации окружающей среды имеют растения, способные к гипераккумуляции металлов. На основе данного свойства растений разрабатывается технология фитоэкстракции, суть которой заключается в интенсивном поглощении металлов корнями растений и их транслокации в надземные органы с последующей переработкой биомассы [6]. Огромное распространение получила стратегия фитоэкстракции с использованием различных функциональных препаратов [7].

В целях усиления поглощения ионов ртути растениями и повышения эффективности процесса извлечения ртути из почвы [8] предложено использовать моноэтаноламиную соль битиоуксусной кислоты (МЭБТА). Ряд проведенных исследований показывает положительные результаты индуцированной фитоэкстракции с использованием соли натрия с тиосульфатной кислотой (тиосульфат натрия) и Na(FeEDDHA) (Fe-хелат).

Цель исследования заключалась в проведении сравнительной оценки эффективности фитоэкстракции ртути кресс-салатом из загрязненной почвы с внесением МЭБТА, тиосульфата натрия и Fe-хелата. В качестве регуляторов роста использовали натриевую соль гиббереллиновых кислот (GA) и индолилмасляную кислоту (IAA).

Вегетационные опыты проводили с использованием почвы, отобранной на территории химического предприятия ООО «Усольехимпром» в соответствии со стандартом ISO 22030:2005 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая токсичность высших растений».

При проведении лабораторных исследований использовали стандартное лабораторное оборудование, весы с точностью $\pm 0,1$ мг, набор пластиковых емкостей для посева семян объемом 1 л. Перед посадкой семян почву обильно поливали водой до достижения влажности 60%. Затем емкости для выращивания наполняли почвой на $\frac{3}{4}$ объема. В качестве контрольного использовали сосуд с универсальным грунтом. В каждый сосуд для выращивания высаживали семена кресс-салата в количестве 50 шт.

В целях сравнительного анализа в отдельные вегетативные сосуды для стимуляции роста растений, повышения иммунитета и большего накопления ртути добавляли следующие препараты:

- натриевую соль гиббереллиновых кислот, которую вносили на 12, 20 и 28 сутки после посадки семян в количестве 200 мг соли на 1 л воды;
- индолилмасляную кислоту, которую вносили на 12, 20 и 28 сутки после посадки семян в количестве 700 мг на 1 л воды;
- Na(FeEDDHA), который вносили на 12, 20 и 28 сутки после посадки семян в количестве 1 мл на 1 л воды;
- тиосульфат натрия, который вносили с 26 по 30 сутки после посадки семян в количестве 17 мл;
- МЭБТА в качестве серосодержащего комплексообразователя вносили с 26 по 30 сутки после посадки семян, в количестве 18 мл.

На 33-й день после посадки семян растения выкапывали, очищали от почвы, промывали водой и разделяли на надземную и корневую части для дальнейшего анализа содержания ртути.

Содержание ртути измеряли с помощью метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (iCAP 6500 Thermo Scientific, США). Предварительно проводили пробоподготовку образцов: почву массой 200 мг помещали в тефлоновые чашки, заливали смесью соляной и азотной кислот (3 : 1), кипятили 5 мин, затем добавляли 5–10 см³ воды, полученный раствор сливали, разбавляли водой до 20 см³, образцы оставляли на 1 час для

осаждения взвешенных частиц нерастворенной части анализируемой пробы, затем полученные растворы анализировали. Ртуть в полученных растворах определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (Х-7, Thermo Elemental, США).

Результаты роста кресс-салата широколистного (длина побега) на протяжении всего вегетационного периода представлены в виде графика (рис. 2).

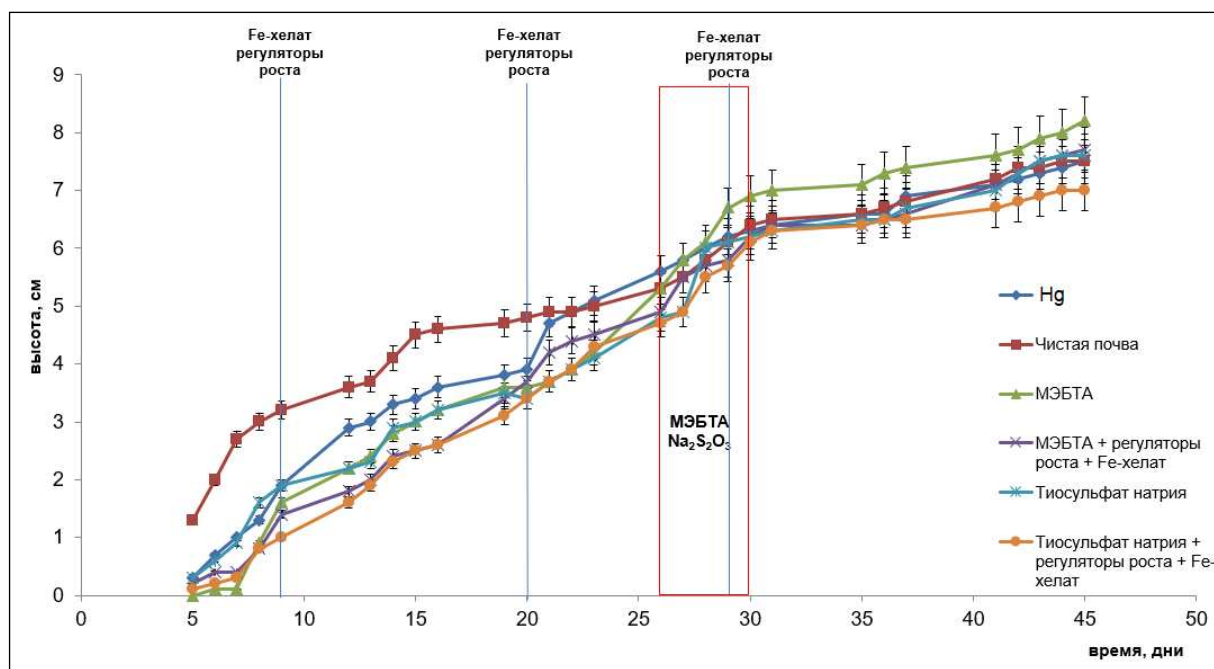


Рис. 2. Высота побега растений кресс-салата в присутствии ртути и хелатирующих препаратов в почве

Наилучшие результаты по ростовым параметрам отмечали у растений в присутствии МЭБТА. Рост равномерно продолжался на протяжении всего вегетационного опыта у всех растений. Небольшой скачок роста заметен при добавлении препаратов МЭБТА и тиосульфата натрия в период с 26 по 30 дни (в эти дни добавляли препараты). Визуально растения в емкостях с чистым грунтом, а также в емкостях с загрязненным грунтом и с добавлением МЭБТА в комплексе с регуляторами роста и Na(FeEDDHA) выглядели примерно одинаково: большинство растений зеленые, с высоким уровнем тургора, без признаков угнетения. Растения в сосудах с загрязненной почвой с добавлением тиосульфата натрия как самостоятельного химического препарата и в комплексе с регуляторами роста и Na(FeEDDHA) выглядели увядшими, листья некоторых растений пожелтели, тургор низкий.

Рассчитанные коэффициенты биоаккумуляции ртути, показывающие отношение концентрации вещества в растении к концентрации вещества в почве, представлены на рисунке 3.

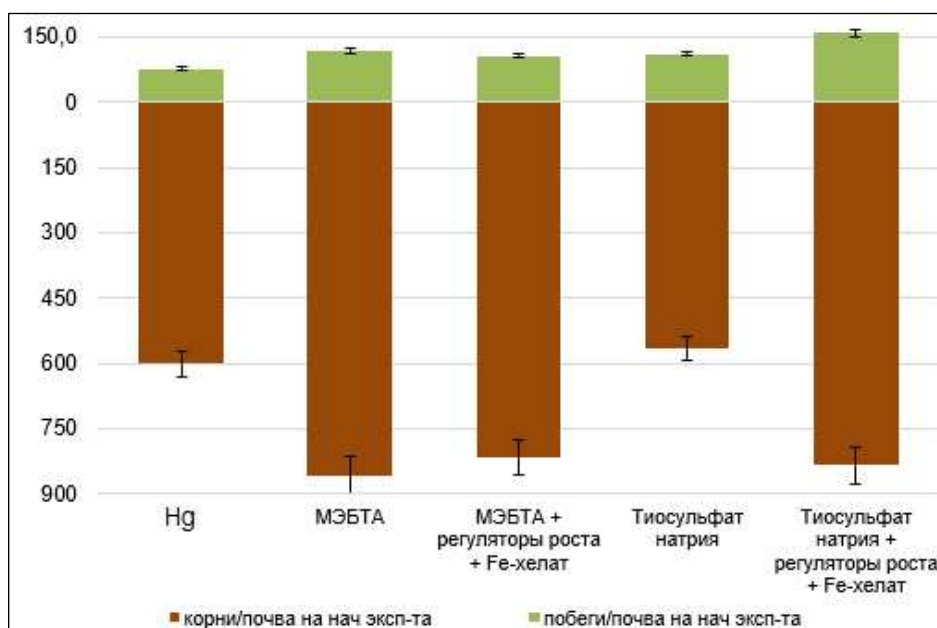


Рис. 3. Коэффициенты биоаккумуляции ртути в надземной и корневой частях кресс-салата при применении различных препаратов

Верхняя часть диаграммы (рис. 3) представляет коэффициенты биоаккумуляции ртути в надземной части кресс-салата, а нижняя – в корневой части. Самые высокие значения коэффициента биоаккумуляции отмечали у растений, в вегетационные сосуды которых добавляли МЭБТА как самостоятельный препарат и в комплексе с регуляторами роста. Это означает, что при добавлении данного препарата процесс фитоэкстракции идет эффективнее. Также был рассчитан коэффициент транслокации, показывающий отношение содержания ртути в побегах к содержанию ртути в корнях. Растения с добавлением в почву тиосульфата натрия имеют самый высокий коэффициент транслокации (39%).

В результате научных исследований получены данные о поглощении ртути надземной и корневой частями кресс-салата (*Lepidium sativum*) при загрязнении почвы соединениями ртути. Наибольшее поглощение ртути обнаружено в варианте с добавлением МЭБТА как самостоятельного препарата, а также в комплексе с регуляторами роста и Na(FeEDDHA). При внесении в почву тиосульфата натрия отмечали накопление ртути в надземных частях растений.

Библиографический список

1. Наумова А. Д. Экоотоксиканты: характеристика и воздействие. Саратов, 2014. 14 с.
2. Макарова А. С., Федосеев А. Н. Технологии иммобилизации ртути из ртутьсодержащих отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 22–27. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-022-027
3. Федосеев А. Н., Макарова А. С., Кушу А. Ю. Ремедиация грунтов, загрязнённых ртутьсодержащими отходами // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 187–192. doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-187-192

4. El Ati-Hellal M., Hellal F. Heavy Metals in the environment and health impact / Ed. T. Otsuki // Environmental Health. 2021. [Электронный ресурс]. – URL: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.97204> (дата обращения: 05.03.2023).

5. Романов А. В., Игнатъева Ю. С., Морозова О. А. Ртутное загрязнение в России: проблемы и рекомендации. М. : АО «НИИ Атмосфера», Центр «ЭкоСогласие», IPEN, 2018. 104 с.

6. Елизарьева Е. Н., Янбаев Ю. А., Кулагин А. Ю. Особенности выбора фиторемедиационных технологий очистки почв и сточных вод от ионов тяжелых металлов // Экологические проблемы и природопользование. (Удмуртия) 2016. Т. 26, вып. 3. С. 7–19.

7. Screening of various chemical additives, including S-containing complexion to enhance phytoextraction of mercury by white creeping clover (*Trifolium repens* L.) / A. Makarova, E. Nikulina, N. Tsurulnikova, T. Avdeenkova, K. Pishaeva, A. Glinushkin, I. Podkovyrov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 663. P. 12–41.

8. Zhongchuang L., Boning C., Li-Ao W. A review on phytoremediation of mercury contaminated soils // Journal of Hazardous Materials. 2020. Vol. 40. P. 123–138.

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ АКТИВНОГО УГЛЯ ИЗ ИСКОПАЕМОГО УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛЕЙВА

Зо Е Найнг, А. В. Нистратов, В. Н. Клушин

*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
zawye7@mail.ru*

Для экономики Республики Союз Мьянма изучение рационального использования ископаемых углей национальных месторождений является актуальной задачей. Страна обладает значительными ресурсами данного сырья, квалифицированная переработка которого с разными целями крайне важна для экономики страны. Перспективны в данном отношении являются ископаемые угли месторождения Калейва, термическая переработка которых методом химической активации с использованием гидроксида калия обеспечивает получение углеродных абсорбентов с хорошими поглотительными свойствами. В статье представлен ряд характеристик данной технологии и ее продукции.

Ключевые слова: ископаемый уголь, активация КОН, активные угли, технология, технические показатели.

Экономика Республики Союз Мьянма в настоящее время стремительно развивается, что во многом сопряжено с увеличивающимся темпом развития промышленных производств. Тем не менее, страна практически не располагает собственными мощностями для производства активных углей, использование которых крайне необходимо для эффективного решения большого ансамбля технологических и природоохранных задач [1]. Доступность же этих адсорбентов существенно ограничена их значительными ценами на мировом рынке [2–4]. Этот факт во многом обуславливает целесообразность и необходимость использования дешевых собственных ресурсов, в частности, ископа-

емых углей и широкого спектра крупнотоннажных растительных отходов деревообрабатывающих, сельскохозяйственных и пищевых производств для производства названных продуктов [5–7].

Ранее проведенными исследованиями [8, 9] установлены рациональные условия переработки ископаемого угля месторождения Калейва на активные угли путем его химической активации в области температур обычного пиролиза материалов на растительной основе. Они частично основаны на литературной информации [10, 11], согласно которой при пиролизе сырьевых композиций на каменноугольной основе использование массового отношения сырья к КОН, составляющего 1 : 1, зачастую обеспечивает весьма удовлетворительные результаты, и проведены на установках лабораторного уровня, оснащенных стальными трубчатыми реакторами, размещенными в вертикальных цилиндрических электропечах, и снабженных средствами контроля и управления обеспечиваемой в них температуры.

Данные технического анализа и сорбционных свойств общей пробы ископаемого угля названного месторождения Мьянмы (ИУ) приведены в таблице 1, где они сопоставлены с аналогичными для бурого угля марки Б2 Харанорского месторождения (Забайкальский край) [12]. Стандартом (ГОСТ 6217-74) не регламентирована крупность пробы угля для проведения анализа, в связи с чем адсорбционная активность по йоду угля из Мьянмы определена как для исходного класса (X), так и для измельченного до аналитического состояния (класс крупности менее 0,2 мм) ($X_{0,2}$).

Таблица 1

Результаты технического анализа и поглотительных свойств использованного ископаемого и бурого углей

Сырье	Класс крупности	Показатели технического анализа, %				X, %	$X_{0,2}$, %
		W_1	W_a	A_d	V_{daf}		
ИУ	1–2 мм	6,8	7,6	3,1	39,2	8,4	15
Б2	1–2 мм	10,0	11,0	6,0	48,5	10,4	35,5

Примечание: W_1 – лабораторная влага образца; W_a – содержание влаги аналитической, %; A_d – зольность на сухую массу, %; V_{daf} – выход летучих веществ на сухое беззольное состояние, %; X, $X_{0,2}$ – адсорбционная активность по йоду угля исходного класса и угля, измельченного до класса крупности менее 0,2 мм, соответственно, %.

Анализ данных таблицы 1 позволяет констатировать пониженные значения всех приведенных показателей характеризуемого ископаемого угля по сравнению с таковыми угля марки Б2. Следует наряду с этим отметить, что его сорбционная активность по йоду при измельчении повышается в 1,8 раза, причем таковая, превышающая 30 %, соответствует коммерческому активному углю российского производства марки ДАК (ГОСТ 6217-74), что свидетельствует о перспективности использования ископаемого угля из Мьянмы в качестве сырья для получения углеродных адсорбентов.

Процесс пиролиза указанного ископаемого угля в виде его зерен фракции 1–2 мм изучен в области параметров термического воздействия, базирующихся на данных его термографических испытаний [5]. Среди других целе-

вой продукт, обеспеченный интенсивностью нагревания сырьевой композиции названного состава 10 °С/мин. до 750 °С с последующей изотермической выдержкой в течение 60 мин., продемонстрировал лучшие из полученных результатов. При величине выхода 57% его характеризуют следующие структурно-адсорбционные показатели: суммарная пористость по воде $V_{\Sigma} = 0,16 \text{ см}^3/\text{г}$, объем сорбирующих пор V_s по таким тестовым веществам, как пары воды, четыреххлористого углерода и бензола, при 22 °С равен 0,16, 0,09 и 0,17 $\text{см}^3/\text{г}$, соответственно, величина поглощения красителя метиленового голубого (МГ) и йода (I) из их растворов при той же температуре составляет 25 и 150 мг/г, соответственно.

Однако указанные характеристики полученного активного угля, судя по многим публикациям, в должной степени не соответствуют таковым данных адсорбентов на базе химической активации каменноугольного сырья. В этой связи образец используемого ископаемого угля в течение суток был пропитан в герметично закрытой колбе 40%-ным раствором КОН с обеспечением массового отношения КОН к сухому углю 1 : 1, после чего высушен при 110 °С и подвергнут высокотемпературному пиролизу. Результаты изучения пиролиза данной сырьевой композиции привели к заключению, что рациональным условием ее химической активации является сочетание интенсивности нагревания 10 °С/мин, предельной температуры 900 °С и длительности изотермической выдержки при ней 60 мин. Активный уголь, полученный в этих условиях с выходом 26%, характеризуют величины суммарной пористости по воде, объемов сорбирующих пор по парам H_2O , CCl_4 и C_6H_6 , составляющие соответственно 1,16; 0,39; 0,41 и 0,52 $\text{см}^3/\text{г}$, наряду с показателями поглощения I и МГ, равными 1230 и 321 мг/г, соответственно [10]. Результаты лабораторного исследования качественных и адсорбционных свойств образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты технического анализа и оценки поглотительных свойств активных углей, полученных из использованного ископаемого и бурого углей

Активный уголь на основе	Класс крупности	Показатели технического анализа, %			X, %	$X_{0,2}$, %
		W_a	A_d	V_{daf}		
ИУ	1–2 мм	3,2	9,9	9,4	110	123
Б2	1–2 мм	2,1	10,6	9,1	96,1	90,8

Как следует из сопоставления данных таблиц 1 и 2, в результате химической активации КОН обоих ископаемых углей для полученных активных углей имеет место снижение аналитической влажности в 2,4–5,2 раза, снижение выхода летучих веществ в 4,2–5,3 раза при существенном увеличении зольности (в 3,2–1,8 раза) и адсорбционной активности по йоду (в 13–9,2 раза). При этом в выделенных узких классах крупности последняя при измельчении до класса крупности 0,2 мм выше на 1,1%, чем для образцов, не подвергавшихся измельчению, а для Б2 ниже на 1,06%.

Таким образом, вполне очевидно, что образцы характеризуемого ископаемого угля, подвергнутые химической активации КОН в последних условиях, являются качественными активными углями с $X > 50\%$.

Библиографический список

1. Сырьевой комплекс зарубежных стран. Мьянма [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mineral.ru/facts/world/116/145/index.html> (дата обращения: 15.02.2019).
2. Dai S., Finkelman R. B. The importance of minerals in coal as the hosts of chemical elements // *Int. J. Coal Geol.* 2019. Vol. 212. P. 103–251.
3. Мухин В. М., Тарасов А. В., Клушин В. Н. Активные угли России. М. : Металлургия, 2000. 48 с.
4. Мухин В. М., Королев Н. В. Активные угли как важный фактор устойчивого развития экономики и качества жизни населения // *Теоретическая и прикладная экология.* 2021. № 4. С. 210–217. doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-210-217
5. Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение Л. : Химия, 1984. 216 с.
6. Чередник Е. М., Островский В. С. Исследование реакционной способности углеродных материалов // *Журнал прикладной химии.* 1977. Т. 86. № 4. С. 442–450.
7. Мухин В. М., Клушин В. Н. Производство и применение углеродных адсорбентов Saarbrücken : LAP LAMBERT, 2018. 350 с.
8. Зо Е Найнг, Клушин В. Н. Характер деструкции ископаемого угля месторождения Калейва при нагревании // *Успехи в химии и химической технологии.* 2017. Т. 31, № 9. С. 37–38.
9. Naing Z. Y., Nistratov A. V., Klushin V. N. Chemical activation as a prospect for the transformation of fossil coal from the Kalewa deposit into active coals // *International Journal of Biology and Chemistry.* 2021. Vol. 14. No. 1. P. 172–176.
10. Тамаркина Ю. В., Кучеренко В. А., Шендрик Т. Г. Буроугольные нанопористые адсорбенты, полученные щелочной активацией с тепловым ударом // *Химия твердого топлива.* 2012. № 5. С. 13–18.
11. NaOH activation of anthracites: effect of temperature on pore textures and methane storage ability / A. Perrin, A. Celzard, A. Albiniak, J. Kaczmarczyk, J.-F. Maréché, G. Furdin // *Carbon.* 2004. Vol. 42. P. 2855–2866.
12. Формирование пористой структуры бурого угля при термоллизе с гидроксидом калия / Т. Г. Шендрик, Ю. В. Тамаркина, Т. В. Хабарова, В. А. Кучеренко, Н. В. Чесноков, Б. Н. Кузнецов // *Химия твердого топлива.* 2009. № 5. С. 51–55.

СМЕЩЕНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ В БЕЛАРУСИ

О. В. Ковалёва, А. С. Соколов, А. Ф. Карпенко

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,
kaf51@list.ru*

Неблагоприятное антропогенное воздействие на климат происходит в результате развития производства и связанного с этим увеличения выбросов парниковых газов. В Беларуси за период с 1989 по 2015 гг. среднегодовая температура воздуха на 1,3 °С превысила климатическую норму. В результате потепления в республике произошло изменение границ агроклиматических зон. На юге Белорусского Полесья образовалась Новая, более теплая агро-

климатическая область. В статье рассматривается динамика расширения Новой климатической зоны на территории Беларуси. К 2030 году следует ожидать около 55,7% территории республики в рамках данной зоны.

Ключевые слова: климат, зоны, динамика, Беларусь.

Достоверно установлено, что климат на Земле меняется из-за негативного влияния антропогенных факторов. Антропогенное воздействие на климат происходит в результате развития производства и связанного с этим увеличения выбросов парниковых газов, а также уничтожения лесов и болот, загрязнения водоемов, что приводит к снижению их способности естественным образом поглощать парниковые газы [1]. Очевидно, что климатическая система разбалансирована, происходят глобальное потепление и нарастание погодно-климатических аномалий – наводнений, засух, ураганов и т. п.

В Беларуси за период с 1989 по 2015 гг. среднегодовая температура воздуха на 1,3 °С превысила климатическую норму, принятую Всемирной метеорологической организацией. В 2015 г. средняя годовая температура воздуха составила +8,5 °С, что на 2,7 °С выше климатической нормы и оказалась самой высокой за весь период инструментальных наблюдений, начиная с 1881 г. В результате потепления в республике произошло изменение границ агроклиматических зон: Северная агроклиматическая область распалась, а на юге Белорусского Полесья образовалась Новая, более теплая агроклиматическая область [2, 3]. Исследования показывают, что тенденции этих изменений в ближайшие десятилетия сохраняться.

В связи с этим актуальным и практически востребованным является оценка степени уязвимости экосистем Беларуси к негативному воздействию проявления засух и засушливых явлений и других погодно-климатических факторов, как в современных, так и в ожидаемых климатических условиях.

Цель работы заключалась в рассмотрении динамики расширения тёплой агроклиматической зоны на территории Беларуси на период до 2030 г. Материалы работы – сценарии изменения границ агроклиматических зон Беларуси [2]. Методы исследований – геоинформационный, картографический, статистический и др.

В наших исследованиях, с использованием геоинформационных технологий, рассмотрено состояние на 2015 г. и перемещение к 2022 и 2030 гг. к северу Беларуси границ Новой агроклиматической области (рис.).

Оценивая расширение Новой климатической зоны на территории Беларуси следует отметить, что за период с 2015 по 2022 гг. её общая площадь увеличилась на 3334 тыс. га, с 2022 г. по 2030 г. может ещё увеличиться на 4416 тыс. га и составить 11556 тыс. га. В числе данных площадей под влиянием Новой зоны соответственно оказались 1346 тыс. га сельскохозяйственных земель и ещё должны оказаться 2130 тыс. га. Наряду с 1605 тыс. га пахотных земель в 2022 г. их прирост к 2030 г. может достигнуть 3017 тыс. га. Если под водными объектами в 2022 г. в составе Новой зоны было 169 тыс. га, то к

2030 г. их следует ожидать в количестве 240 тыс. га, под болотами – соответственно 416 и 525 тыс. га.

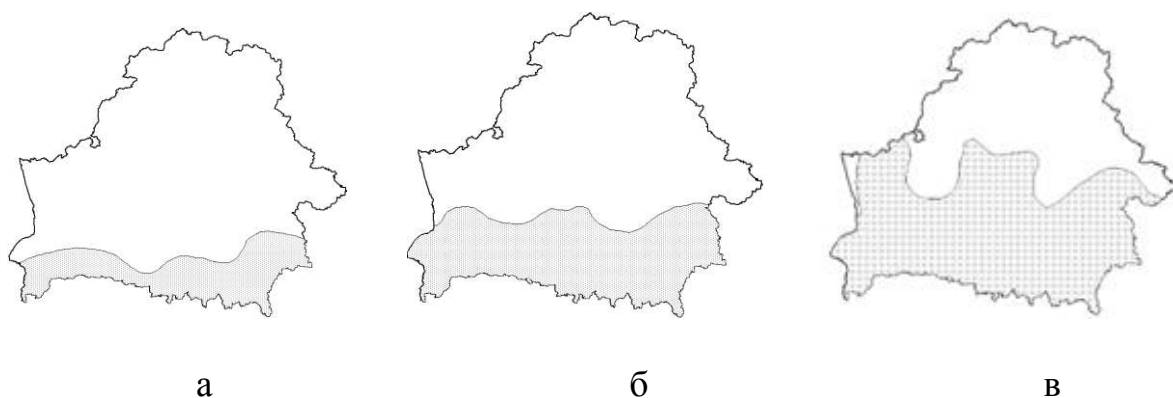


Рис. Площадь Новой агроклиматической зоны Беларуси:
а – на 2015 г., б – на 2022 г., в – на 2030 г.

Территория Новой климатической зоны в Республике Беларусь прирастет с 2022 г. по 2030 г. на 21,3%, а с 2015 по 2030 гг. – на 37,4%. Общая площадь её земель с 34,4% в 2022 г. может расширяться до 55,7% от площади Беларуси. При этом удельный вес сельскохозяйственных земель с 2022 г. прирастет на 10,3%, пахотных земель – на 6,8%, лесных – на 8,1%, под болотами – на 0,5%, под водными объектами – на 0,4%, осушенных – на 3,4%. При анализе площадей земель Новой климатической зоны можно ожидать, что в 2030 году в их структуре увеличится количество пахотных земель на 3,6%, сельскохозяйственных – на 3,9% и уменьшится – лесных на 2,3%, под болотами – на 1,3%, под водными объектами – на 0,3% и осушенных земель – на 1,9%.

Таким образом, при изменении климата в сторону потепления следует и в дальнейшем ожидать в лесном хозяйстве увеличения площадей лесов и торфяных болот с повышенной степенью пожарной опасности, а также с большей вероятностью распространения вредителей и болезней леса, что, в свою очередь, может неблагоприятно сказываться на ведении лесной отрасли [4, 5]. Рост теплообеспеченности способствует расширению и улучшению структуры растениеводства, условия становятся благоприятными для возделывания теплолюбивых культур, которые ранее являлись нетипичными для нашей территории [6]. Вместе с тем, сельское хозяйство в южных и восточных районах Республики Беларусь уже сталкивается с недостатком влагообеспеченности и пересыханием пахотного слоя. В связи с этим актуальным и практически востребованным является оценка уязвимости почв Беларуси к воздействию засух, как в современных, так и в ожидаемых климатических условиях.

Изменение границ агроклиматических областей требует правильных оценок складывающихся агроклиматических условий и принятия своевременных решений.

Библиографический список

1. Климатические изменения: взгляд из России / под ред. В. И. Данилова-Данильяна. М. : ТЕИС, 2003. 416 с.
2. Проект ClimaEAST «Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь» / В. Мельник, В. Яцухно, Н. Денисов, Л. Николаева, М. Фалолеева. Минск-Женева, 2017. 84 с.
3. Мельник В. И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси : автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23. Минск, 2004. 21 с.
4. Динамика лесистости Беларуси [Электронный ресурс]. – URL: <https://greenbelarus.info/articles/23-07-2019/chto-takoe-normalnyy-les-dialog-v-semi-voprosah-i-otvetah> (дата обращения: 25.02.2021).
5. Эколого-ориентированное развитие лесного хозяйства Беларуси в условиях климатических изменений : учебное пособие для доп. образования / И. В. Войтов, В. Г. Шатравко, Н. Н. Юревич, А. В. Ледницкий, А. В. Неверов, В. В. Носников, Л. Н. Рожков. Минск : БГТУ, 2019. 201 с.
6. Шкляр А. Х. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве. Минск : Высшэйшая школа, 1973. 300 с.

СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПАСТБИЩ ВОСТОЧНОГО ЧИНКА КАРАКАЛПАКСКОГО УСТЮРТА (УЗБЕКИСТАН)

Т. Т. Рахимова

*Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан,
rakhimovanodi@mail.ru*

В статье представлена современная классификация пастбищ Восточного чинка Каракалпакского Устюрта (Узбекистан), которая объединяет 33 пастбищные разности из 13 пастбищных типов (полынный, кейреуковый, бюргуновый, белобоялышевый, саксауловый, сарсазановый, гребенщикový, хохлатковый, тростниковый, люцерновый, пырейный, горчаковый и хвойниковый).

Ключевые слова: Каракалпакский Устюрт, Восточный чинк, экологический кризис, классификация пастбищ, тип пастбищ.

Как известно, Каракалпакская часть Устюрта, занимающая площадь более 7,2 млн га, является перспективной для развития животноводства, особенно для каракульских овец и верблюдов. Однако, пастбища этого региона характеризуются изреженным растительным покровом, состоящим из кустарников и полукустарников с низкой урожайностью (0,5–2,0 ц/га), резким колебанием её по годам и сезонам [1]. Поэтому, проблема изучения современного состояния пастбищ Устюрта, в том числе Восточного чинка, связанная с аридизацией климата, здесь исключительно актуальна и является неотложной задачей сегодняшнего дня.

Климатические условия Восточного чинка характеризуются резкой континентальностью: лето жаркое, а зима относительно холодная, атмосферных осадков выпадает мало. Аральское море, омывающее Восточный чинк, влияет на его климат. Здесь довольно часты туманы, воздух более влажный, осадков несколько больше, чем на участках плато, удаленных от моря. Растительный покров Восточного чинка характеризуется большим разнообразием фитоценозов, что объясняется неоднородностью среды.

В последние годы (2015–2022 гг.) сотрудниками Института ботаники Академии наук Республики Узбекистан проведены геоботанические исследования по выявлению динамики растительности в связи с глобальными изменениями климата и, в частности, сложившимся экологическим кризисом, связанный с усыханием Аральского моря. Выявлены закономерности изменения структуры фитоценозов, составлена карта растительности Каракалпакского Устюрта.

Для планомерного и целенаправленного использования природных пастбищ первым делом является разработка их классификации. Она в сочетании с картой пастбища облегчает последующие этапы исследований по выявлению растительного разнообразия и их распределение по пастбищным единицам, продуктивности и ёмкости пастбищ вплоть до его сезонного использования. В классификации пастбищ должны сочетаться условия местообитания и их преобладающая растительность. В этом отношении мы придерживаемся эколого-фитоценотической схемы классификации пастбищ характерной для «Общесоюзной инструкции по проведению геоботанического обследования природных кормовых угодий и составлению крупномасштабных геоботанических карт» [2].

При составлении современной классификации пастбищ Восточного чинка Каракалпакского Устюрта нами выделено 33 пастбищных разностей, относящихся к 13 типам пастбищ (полынный, кейреуковый, биюргуновый, белообоялышевый, саксауловый, сарсазановый, гребенщикковый, хохлатковый, тростниковый, люцерновый, пырейный, горчаковый и хвойниковый).

Ниже приводится современная классификация пастбищ Восточного чинка Каракалпакского Устюрта.

Класс пастбищ гипсофильный – GYPSOPHITA

I Тип пастбищ полынный – Artemisieta

Пастбищная разность

1.1 Горчаково-эфедрово-полынная (*Artemisia diffusa*, *Ephedra distachya*, *Acroptilon repens*) на каменисто-щебнистых почвах

1.2 Кейреуково-полынная (*Artemisia terrae-albae*, *Salsola orientalis*) на супесчаных почвах

1.3 Черносаксулово-кейреуково-полынная (*Artemisia terrae-albae*, *Salsola orientalis*, *Haloxylon aphyllum*) на щебнистых почвах

1.4 Полынная (*Artemisia diffusa*, *Artemisia terrae-albae*) на супесчано-щебнистых почвах

1.5 Эфемероидово-люцерново-полынная (*Artemisia diffusa*, *Medicago sativa*, *Poa bulbosa*, *Carex pachystylis*) на супесчаных почвах с крупными камнями

1.6 Злаково-горчаково-полынная (*Artemisia diffusa*, *Acroptilon repens*, *Poa bulbosa*, *Agropiron fragile*) на каменисто-супесчаных почвах

1.7 Белобоялышево-полынная (*Salsola arbuscula*, *Artemisia diffusa*) на каменисто-щебнистых почвах

II Тип пастбищ кейреуковый – Salsoleta orientale

Пастбищная разность

2.1 Биюргуново-кейреуковая (*Salsola orientalis*, *Anabasis salsa*) на суглинисто-щебнистых почвах

2.2 Полынно-кейреуковая (*Salsola orientalis*, *Artemisia diffusa*) на суглинистых почвах

2.3 Боялышево-кейреуковая (*Salsola orientalis*, *Salsola arbuscula*) на каменисто-щебнистых почвах

III Тип пастбищ биюргуновый – Anabasieta salsae

Пастбищная разность

3.1 Полынно-биюргуновая (*Anabasis salsa*, *Artemisia diffusa*, *Artemisia terrae-albae*) на суглинистых почвах

3.2 Кейреуково-биюргуновая (*Anabasis salsa*, *Salsola orientalis*) на суглинистых почвах

3.3 Чернобоялышево-биюргуновая (*Anabasis salsa*, *Salsola arbusculiformis*) на каменисто-щебнистых почвах

3.4 Тасбиюргуново-биюргуновая с кустарниками (*Anabasis salsa*, *Nanophyton erinaceum*, *Tamarix ramosissima*, *Atraphaxis spinosa*, *Haloxylon aphyllum*) на каменисто-суглинистых почвах

IV Тип пастбищ белобоялышевый – Salsoleta arbusculae

Пастбищная разность

4.1 Белобоялышевая (*Salsola arbuscula*) на каменисто-щебнистых почвах

Класс пастбищ галофильный – HALOPHYTA

V Тип пастбищ саксауловый – Haloxyleta ammodendron

Пастбищная разность

5.1 Биюргуново-саксауловая (*Haloxylon ammodendron*, *Anabasis salsa*) на каменисто-щебнистых почвах

5.2 Кейреуково-гребенщикково-саксауловая (*Haloxylon ammodendron*, *Tamarix ramosissima*, *Salsola orientalis*) на суглинистых засоленных почвах

5.3 Раскидистополынно-саксауловая (*Haloxylon ammodendron*, *Artemisia diffusa*) на солончаковых, мелкощебнистых почвах

VI Тип пастбищ сарсазановый – Halocnometa strobilacei

6.1 Селитрянково-сарсазановая (*Halocnemum strobilaceum*, *Nitraria schoberi*) на солончаках

Класс пастбищ тугайный – РОТОРHYТА

VII Тип пастбищ гребенщикковый – Tamariceta

Пастбищная разность

7.1 Сарсазаново-тростниково-гребенщикковая (*Tamarix ramosissima*, *Phragmites australis*, *Halocnemum strobilaceum*) на солончаках

7.2 Кейреуково-гребенщикковая (*Tamarix ramosissima*, *Salsola orientalis*) на суглинистых почвах

Класс пастбищ эфемеровый – EPHEMEROPODIA

VIII Тип пастбищ хохлатковый – Corydalieta schanginii

Пастбищная разность

8.1 Чернокорнево-хохлатковая (*Corydalis schanginii*, *Cynoglossum viridiflorum*) на каменистых почвах

8.2 Луково-хохлатковая (*Corydalis schanginii*, *Allium sabulosum*) на каменисто-щебнистых, суглинистых почвах

Класс пастбищ луговой – LUGOPHYТА

IX Тип пастбищ тростниковый – Phragmiteta australis

Пастбищная разность

9.1 Волосницево-тростниковая (*Phragmites australis*, *Leumus multicaulis*) на солончаках

9.2 Горчаково-тростниковая (*Phragmites australis*, *Acroptilon repens*) на супесчаных почвах

X Тип пастбищ люцерновый – Medicageta sativae

Пастбищная разность

10.1 Полынно-пырейно-люцерновая (*Medicago sativa*, *Agropiron fragile*, *Artemisia diffusa*) на серо-бурых почвах

10.2 Пырейно-люцерновая (*Medicago sativa*, *Agropiron fragile*) на суглинисто-каменистых почвах

Класс пастбищ степной – СТЕPНУТА

XI Тип пастбищ пырейный – Agropyreta fragile

Пастбищная разность

11.1 Разнотравно-пырейная (*Agropiron fragile*, *Acroptilon repens*, *Atriplex laciniata*, *Echinops meyeri*) на крупно каменисто-щебнистых почвах

11.2 Люцерново-пырейная (*Agropiron fragile*, *Medicago sativa*) на каменисто-щебнистых почвах

XII Тип пастбищ горчаковый – *Acroptiloneta repens*

Пастбищная разность

12.1 Горчаковая местами с эфедрой (*Acroptilon repens*, *Ephedra distachya*) на каменистых почвах

12.2 Люцерново-пырейно-горчаковая с курчавкой (*Acroptilon repens*, *Agropiron fragile*, *Medicago sativa*, *Atraphaxis spinosa*) на каменисто-щебнистых, суглинистых почвах

Класс пастбищ хвойниковый – EPHEDROTHAMNA

XIII Тип пастбищ хвойниковый – *Ephedreta distachya*

Пастбищная разность

13.1 Разнотравно-полынно-эфедровая (*Ephedra distachya*, *Artemisia diffusa*, *Acroptilon repens*, *Salsola dendroides*, *Alhagi pseudalhagi*) на каменисто-щебнистых почвах

13.2 Эфемерово-шиповниково-эфедровая (*Ephedra distachya*, *Rosa persica*, *Poa bulbosa*, *Thalictrum isopyroides*) на каменисто-щебнистых, суглинистых почвах

Таким образом, классификация пастбищ – один из важнейших методов в части познания кормовых угодий, и этот метод должен быть комплексным, отражающим не только природные условия местности (рельеф, почва, климат и т. д.), но и особенности растительного покрова, и главное, хозяйственное состояние кормовых угодий.

Работа выполнена по Государственной программе (ПФИ-5) «Оценка современного состояния растительного покрова и пастбищных ресурсов Республики Каракалпакстан».

Библиографический список

1. Алланиязов А. Эколого-биологические основы и методы повышения продуктивности пастбищ плато Устюрт (Каракалпакский). Ташкент : Фан, 1995. 217 с.
2. Общесоюзная инструкция по проведению геоботанического обследования природных кормовых угодий и составлению крупномасштабных геоботанических карт / М-во сел. хоз-ва СССР. Гл. упр. землепользования и землеустройства. М. : Колос, 1984. 105 с.

ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРЧАКОВО-ЭФЕДРОВО-ПОЛЫННОЙ ПАСТБИЩНОЙ РАЗНОСТИ НА ВОСТОЧНОМ ЧИНКЕ ПЛАТО УСТЮРТ (УЗБЕКИСТАН)

Н. К. Рахимова

*Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан,
rakhimovanodi@mail.ru*

В статье представлено эколого-фитоценотическое состояние горчаково-эфедрово-полынной пастбищной разности на Восточном чинке Каракалпакского Устюрта. В связи с изменением климата процессы деградации земель и опустынивания влияют на состояние биоразнообразия Каракалпакской

части Устюрта. При этом, определена площадь изученной пастбищной разности, характер почвенного покрова, процент проективного покрытия, ландшафтные виды растений, их размещение, урожайность кормовой массы, а также рекомендуемая сезонность использования данной пастбищной разности.

Ключевые слова: Республика Узбекистан, плато Устюрт, Восточный чинк, опустынивание, пастбищная разность, урожайность, сезонность использования.

Плато Устюрт – важный регион в аспекте развития экономики и сохранения биоразнообразия, регион, в котором человеческие потребности стекаются с элементами экосистемы. Основными факторами экономического развития Устюрта являются химическая и нефтегазовая промышленность, а также линейная инфраструктура (дороги, трубопроводы), которые оставляют экологические следы о разрушенных экосистемах. Кроме этого, Устюрт испытывает негативные влияния со стороны усыхания Аральского моря. Каракалпакская часть Устюрта занимает более 7,2 млн га и представляет собой обширный биом, перспективный для развития животноводства. Устюрт в целом представляет собой приподнятое плато, занимающее северную часть Арало-Каспийского водораздела. Плато почти со всех сторон ограничено чинками. На востоке чинк Устюрта образован бывшим западным берегом Аральского моря.

Восточный чинк – огромная, морфологически изрезанная, засушливая каменистая пустыня. Обрывистые склоны чинка сложены пластами известняков, резко выделяющимися среди окружающей местности и столь же резко переходящими на плато в плоскую равнину. Восточный чинк ограничивает восточную часть плато ломаной линией и является его естественной географической границей. В связи с экстремальными экологическими условиями, возникшими в результате изменения климата и развития промышленности в регионе, целью исследования является изучить эколого-фитоценотическое состояние пастбищных разностей полынного типа пастбищ Восточного чинка Каракалпакского Устюрта.

Объектом исследования является горчаково-эфедрово-полынная (*Artemisia diffusa*, *Ephedra distachya*, *Acroptilon repens*) пастбищная разность (ПР), относящаяся к полынному типу Восточного чинка.

Горчаково-эфедрово-полынная ПР расположена в Кунградском районе; географические пункты: колодец Кассарма, родник Акбулак, урочище Улькентумсык. Площадь пастбищной разности – 5443 га. Чинки обладают прекрасными защитными свойствами за счет образования щелей, пустот, впадин, оврагов. Это определяет высокий уровень видового богатства и разнообразия природно-климатической зоны и ее важность для поддержания биологического разнообразия Устюртского региона. Ландшафт представлен на каменисто-щебнистых почвах. Верхний горизонт почв богат фракциями

щебня. На глинистых почвах после дождей образуются временные пресноводные озера. Наличие щебнистых фракций в сочетании с глиной способствует распространению некоторых кустарников. Общее проективное покрытие ПР в среднем составляет 30%. В благоприятные по осадкам годы оно увеличивается до 45%. При формировании растительности высокая доля приходится на *Artemisia diffusa* (66,7%), затем – *Ephedra distachya* (23,3%) и *Acroptilon repens* (10%).

ПР находится на верхнем участке восточного склона и встречается отдельными пятнами. Основу растительного покрова образует *Artemisia diffusa* (полынь раскидистая), высота особей достигает до 40 см. Полынным типом пастбищ на чинке заняты пологие склоны обрывов и межтеррасные понижения. В той или иной мере полынь участвует в сложении почти всех пастбищных разностей. Vegetация начинается обычно в феврале-марте. С наступлением летней жары рост прекращается, и развитие приостанавливается. Со снижением жары, в августе-сентябре, *Artemisia diffusa* снова развивается и вегетирует до конца октября. Принадлежит к числу поедаемых растений, но поедаемость в различные сезоны года неодинакова. Обычно весной молодые побеги поедаются овцами хорошо, летом – плохо, осенью и зимой – снова хорошо. Идут на корм в основном, зеленые побеги, листья и частично прошлогодние побеги. Летом полынь, как правило, поедается плохо из-за горечи, которую придают ему эфирные масла с резким запахом. Осенью и зимой в составе этих масел происходят изменения: после заморозков уменьшается горечь, и поедаемость растения становится лучше [1]. По данным И. И. Гранитова [2], на Устюрте животные поедают ее в течение всего года. Интенсивное ежегодное осенне-зимнее стравливание полыни способствует улучшению пастбищ.

Второе место занимает *Ephedra distachya* (хвойник двухколосковый, эфедра древесная). Хвойник произрастает пятнами небольших зарослей среди полыней. После наступления заморозков хорошо поедается почти всеми видами животных весной, зимой, осенью и в этот период имеет безупречную репутацию ценного пастбищного растения. Поздней осенью и зимой почти единственное зеленое растение на пастбище. Летом она поедается очень плохо, почти не поедается при наличии в травостое других сочных трав.

Acroptilon repens (горчак ползучий), высотой 30 см, имеет мозаичный характер произрастания. Поедается преимущественно верблюдами, неохотно крупным рогатым скотом. При поедании горчака коровами молоко становится горьким, с зеленоватым оттенком. Считается неплохим кормовым растением и скашивается на сено [3]. Многими исследователями отмечено хорошее или удовлетворительное поедание горчака ползучего мелким рогатым скотом без вреда для него. По И. В. Ларину с соавторами [4] удовлетворительно поедается мелким рогатым скотом круглый год, кроме весны. Во многих районах удовлетворительно, во всяком случае, в определенные сезоны поедается на пастбищах и в сене мелким рогатым скотом, причем случаи отравления наблюдаются очень редко, не

сопровождаясь смертельным исходом. Также на исследуемой территории можно встретить далеко отстоящих друг от друга единичных экземпляров кустарника – *Atraphaxis spinosa* (курчавка колючая). Молодые побеги курчавки весной и частично летом удовлетворительно поедаются верблюдом, листья – козами и овцами в небольшом количестве. Из кустарничков *Rosa persica* обладает рядом полезных свойств, плоды сладкие, съедобные. Летом, осенью и зимой поедается верблюдами, а зимой овцами – листья [4]. Во время цветения растения приятно пахнут и активно посещаются пчелами. Обладает высокой устойчивостью к антропогенным воздействиям и интенсивно заселяет свободные ниши.

По данным Л. С. Гаевской [1], валовый запас *Artemisia diffusa* на пастбищах обычно равен 2,0–2,5 ц/га. Относится к числу лучших пастбищных кормов. Производительность полынных пастбищ в сочетании с другими растениями в благоприятные годы достигает 6 ц/га [5]. А урожай кормовой массы эфедры в среднем составляет 20–30 кг/га, иногда 50–80 кг/га.

Таким образом, по нашим данным, урожайность кормовой массы горчаково-эфедрово-полынной ПР колеблется от 0,9 до 1,8 ц/га. Из-за роста годовых побегов у *Artemisia diffusa* поедаемая кормовая масса ПР приходится на осенний сезон. При этом, поедаемая часть осенью составляет 50% и это действует на увеличении урожайности данной ПР. Весенняя урожайность низкая из-за меньших приростов годовых побегов. По оценкам урожайности поедаемой части (ц/га), сезонной урожайности (по у.к.е., ц/га), кормового запаса и пастбищной нагрузки горчаково-эфедрово-полынную ПР рекомендуется использовать как осенне-зимние пастбища.

Работа выполнена по Государственной программе (ПФИ-5) «Оценка современного состояния растительного покрова и пастбищных ресурсов Республики Каракалпакстан».

Библиографический список

1. Гаевская Л. С. Каракулеводческие пастбища Средней Азии. Ташкент : Фан, 1971. 322 с.
2. Гранитов И. И. Устюрт – арена животноводства // Научные труды ТашГУ. Вып. 210. Биология. Ташкент, 1962. 88 с.
3. Ережепов С. Е. Ядовитые и вредные растения Каракалпакии. Нукус : Каракалпакстан, 1975. 236 с.
4. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР / И. В. Ларин, Ш. М. Агабабян, Т. А. Работнов, В. К. Ларина, М. А. Касименко, А. Ф. Любская. М.-Л. : Сельхозгиз, 1951, 1956. Т. 2, 3. 800 с.
5. Гаевская Л. С. Пути рационального использования и улучшения каракулеводческих пастбищ // Научные труды Института каракулеводства. Самарканд, 1958. Т. 7. 205 с.

ВТОРИЧНЫЕ РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА В ПРЕДГОРЬЯХ САМАРКАНДСКОЙ ОБЛАСТИ (УЗБЕКИСТАН)

Н. К. Рахимова

*Ташкентский Ботанический сад имени академика Ф. Н. Русанова
при Институте ботаники Академии наук Республики Узбекистан,
nargizarah1980@mail.ru*

В статье представлена информация о трансформации сообществ из полыни под воздействием антропогенных факторов. Виды полыни считаются ценными, перспективными и лечебными для скота пустынных и предгорных пастбищ Республики Узбекистан. Впервые в Нурабадском и Каттакурганском районах Самаркандской области изучены вторичные растительные сообщества и оценено их современное состояние.

Ключевые слова: пустыня, предгорье, пастбище, доминант, субдоминант, антропогенный фактор, фитоценоз, сорные виды.

Сегодня в нашей республике большое внимание уделяется сохранению и рациональному использованию естественного растительного покрова и пастбищ. Под воздействием различных антропогенных факторов, включая многократное кормление скота, важно оценить динамическое изменение растительного покрова, эколого-фитоценотическое состояние и возможности в хозяйстве. Растительность – важнейший компонент биосферы, без которого она существовать не может. Велико значение растительности в жизни человека. Она создает необходимую среду для жизни людей и разводимых ими животных, служит неиссякаемым источником разнообразных пищевых продуктов, технического и лекарственного сырья, строительных материалов. Проблема охраны окружающей природной среды во всех ее трех формах – консервативной, рационального использования природных ресурсов и оздоровления окружающей человека среды – является международной, решение которой зависит от совместных усилий всего международного сообщества. Для глобального решения проблемы необходимо обеспечить взаимодействие международной охраны окружающей среды, связанной с выполнением международных обязательств и договоров, с национальной и региональной. Загрязнение природной среды вредными для человека отходами, истощение природных ресурсов и угроза разрушения экологических связей неуклонно приводят к мировому кризису [1].

В течение последних 30–40 лет площадь полынных сообществ в пустынных и предгорных районах сокращается. В настоящее время полынные заросли в природе встречаются на участках в 10–15 км от населенных пунктов. Полынь считается природно-историческим растением, появившимся в пустынных и холмистых землях с давних времен и являющимся основным

ценным источником корма для крупно- и мелкорогатого скота в этих районах в течение всего года.

Цель исследований – определить современное состояние вторичных растительных сообществ, распространенных в предгорьях Самаркандской области.

К отрицательным последствиям перевыпаса относятся опустынивание, эрозия почвы, обезлесение, деградация богатства растительного и животного мира, снижение продуктивности самого скота и, в конечном счете, снижение уровня продовольственной безопасности самого человека. Перевыпас особенно вредит экологии традиционно маловодных регионов, ещё больше его усугубляет то, что традиционные сообщества, распространенные в условиях засушливого климата, отдают предпочтение потребляющим меньше воды овцам и козам, копыта которых оказывают наиболее разрушительное воздействие на почву [2].

Следует отметить, что из-за интенсивного выпаса скота в обследованных районах следующие сорные непоедаемые виды, как: *Iris songarica*, *Peganum harmala*, *Phlomis thapsoides*, *Psoralea drupacea*, *Sophora pachycarpa*, *Acroptylon repens* и другие являются субдоминантными и доминантами в растительных сообществах. В фитоценозах также появляются некоторые однолетние пасквальные виды (*Diarthron vesiculosum*, *Vulpia cilata*, *Hordeum leporinum*, *Boissiera squarrosa*). В результате место первичного сообщества из полыней занимают вторичные антропогенные сообщества. В связи с этим в мае 2022 г. были проведены геоботанические исследования в предгорьях Нурабадского и Каттакурганского районов Самаркандской области. В результате выделены вторичные сообщества антропогенного происхождения (табл., рис.).

Таблица

Вторичные сообщества Самаркандской области

№	Сообщество	Координаты	Область	Доминанты и субдоминанты
1	2	3	4	5
1	Эфемероидово-кузиниево-ирисовое (<i>Iris songarica</i> , <i>Cousinia resinosa</i> , <i>Carex pachystylis</i> , <i>Poa bulbosa</i>)	N 39°45'07" E 65°59'50"	Самаркандская обл., Нурабадский район	<i>Iris songarica</i> , <i>Cousinia resinosa</i> , <i>Carex pachystylis</i> , <i>Poa bulbosa</i>
2	Полынно-ирисовое (<i>Iris songarica</i> , <i>Artemisia diffusa</i> , <i>A. turanica</i>)	N 39°38'24" E 065°55'12"	Самаркандская обл., Нурабадский район	<i>Iris songarica</i> , <i>Artemisia diffusa</i> , <i>A. turanica</i>
3	Полынно-кузиниево-ирисовое (<i>Iris songarica</i> , <i>Cousinia resinosa</i> , <i>Artemisia diffusa</i>)	N 39°41'48" E 065°46'45"	Самаркандская обл., Нурабадский район	<i>Iris songarica</i> , <i>Cousinia resinosa</i> , <i>Artemisia diffusa</i>

1	2	3	4	5
4	Двучленниково-ирисовое (<i>Iris songarica</i> , <i>Diarthron vesiculosum</i>)	N 39°45'03" E 066°00'24"	Самаркандская обл., Нурабадский район	<i>Iris songarica</i> , <i>Diarthron vesiculosum</i>
5	Горчаковое (<i>Sophora pachycarpa</i>)	N 39°49'57" E 066°10'18"	Самаркандская обл., Нурабадский район	<i>Sophora pachycarpa</i> , <i>Achillea arabica</i>
6	Эфемероидово-кузиниево-псоралеевое (<i>Cousinia resinosa</i> , <i>Psoralea drupacea</i>)	N 39°49'34" E 66°09'43"	Самаркандская обл., Каттакурганский район	<i>Psoralea drupacea</i> , <i>Cousinia resinosa</i>
7	Эфемероидово-кузиниево-зопниковое (<i>Phlomis thapsoides</i> , <i>Cousinia resinosa</i> , <i>Carex pachystylis</i> , <i>Poa bulbosa</i>)	N 39°14'19" E 066°00'55"	Самаркандская обл., Каттакурганский район	<i>Phlomis thapsoides</i> , <i>Cousinia resinosa</i> , <i>Carex pachystylis</i> , <i>Poa bulbosa</i>



Рис. Общий вид вторичных сообществ Самаркандской области

Согласно описанному формированию сообществ из *Iris songarica* [3], они являются вторичными антропогенного характера, возникшими на месте фитоценозов из полыни. Данные сообщества распространены в Нурабадском и Каттакурганском районах Самаркандской области на мелкощепнистых сероземах на высоте 500–708 м над уровнем моря. В ходе исследований выделено пять следующих ирисовых сообществ в Нурабадском районе: эфемероидово-кузиниево-ирисовое, полынно-ирисовое, полынно-кузиниево-ирисовое, двучленниково-ирисовое и горчаковое, и два в Каттакурганском – эфемероидово-кузиниево-псоралеевое и эфемероидово-кузиниево-зопниковое.

В научных источниках также приведены сведения об особенностях размножения многолетних растений и участия их в образовании вторичных сообществ, возникших в результате перевыпаса скота [4].

Таким образом, в последующие годы из-за резкого увеличения поголовья скота и бессистемного использования растительного покрова на пастбищах сокращаются естественно-исторически сформировавшиеся

попынные сообщества. Их место занимают вторичные фитоценозы низкой хозяйственной ценности.

Библиографический список

1. Бейбутова М. Г. Проект: Рациональное использование и охрана растительности. Покачи, 2021. 12 с.
2. Перевыпас [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Перевыпас> (дата обращения: 10.03.2023).
3. Момотов И. Ф. Гипсофильная растительность – Gypsophyta // Растительный покров Узбекистана. Т. 2. Ташкент : Фан УзССР, 1973. С. 185–186.
4. Акжигитова Н. И. Эфемеровая растительность – Ephemerophyta // Растительный покров Узбекистана. Т. 3. Ташкент : Фан УзССР, 1976. С. 8–71.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ ВИДОВ НА ОСУШЕННОМ ДНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ (УЗБЕКИСТАН)

Н. К. Рахимова, В. К. Шарипова, Ж. С. Садинов, Ф. И. Полвонов
Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан,
rakhimovanodi@mail.ru

В статье представлено современное состояние ценопопуляций (ЦП) редчайших для Узбекистана видов – *Astragalus brachypus* Schrenk ex Fisch. & C. A. Mey. и *Allium caspium* (Pall.) M. Bieb. на осушенном дне Аральского моря. Современное состояние ЦП изучаемых видов в сложившихся условиях окружающей среды, вызванных изменением климата и высыханием Аральского моря, свидетельствует о необходимости их охраны.

Ключевые слова: Аральское море, остров Возрождения, изменение климата, опустынивание, редкий вид, ценопопуляция, онтогенетическая структура.

В результате изменения природных условий и все большего расширения земель, освобождающихся от морской воды, на высохшем дне Аральского моря формируются уникальные природно-географические комплексы, считающиеся самыми молодыми среди центральноазиатских ландшафтов. По этой причине структура, динамика, активность и сукцессия растительности, смена ландшафтов на их основе требуют тщательного изучения засушливой части острова. Процесс опустынивания происходит на больших территориях, что приводит к изменению природно-географических условий и ухудшению социально-экологической ситуации. Рельефообразующие факторы – дефляция, эрозия, аккумулятивные процессы наиболее активно действуют в сухой части моря. Особенно, места у восточного побережья и вокруг островов Лазарева и Возрождения состоят из густого песка. В этих районах преобладают барханы и песчаные дюны. Растительность развивается в зависимости от рас-

положения уровня грунтовых вод, уровня минерализации, типа почвы и ее солевого режима [1].

Площадь осушенного дна Аральского моря составляет около 6 млн га, с которой ежегодно в воздух поднимается более 150 млн т соли, пыли и песка [2]. Растительность осушенного дна моря и сопредельных к нему территорий, включая бывшие острова, представляет собой характерные для пустынной зоны Узбекистана биотопы. В острове Возрождения чудом сохранились белоземельнопопынные (*Artemisia terrae-albae*), кейреуковые (*Salsola orientalis*) и зайсанкосаксауловые (*Haloxylon ammodendron*) сообщества, которые являются эталонами песчаных и гипсовых пустынь Узбекистана. На песках осушенного дна моря сформировались новые растительные сообщества: эremosпартонно-астроголовое (*Astragalus brachypus*+*Eremosparton aphyllum*) и эremosпартонно-кандымовое (*Calligonum aphyllum*–*Eremosparton aphyllum*), не отмеченные ранее для растительности Узбекистана.

Изменение климата, усиление антропогенной деятельности, опустынивание и другие негативные факторы ставят под угрозу сохранность естественной растительности. В связи с дефляцией на отдельных участках острова Возрождения встречаются редчайшие для Узбекистана виды, такие как *Astragalus brachypus* Schrenk ex Fisch. & C.A. Mey. и *Allium caspium* (Pall.) M. Bieb.

Astragalus brachypus – кустарник, редкий для Узбекистана вид. Приведем краткую эколого-фитоценологическую характеристику изученных растительных сообществ с участием этого таксона:

Эremosпартонно-астроголовое сообщество (44°64'02,3" с. ш., 059°01'35,4" в. д.) произрастает на равнинной части осушенного дна моря, почва – супесчаная. Флористический состав слагается 7 видами сосудистых растений. В растительном покрове преобладают особи *Astragalus villosissimus* (типичный псаммофит), как содоминантом сообщества выступает эremosпартон безлистный. Также в составе сообщества местами одиночными кустами произрастают *Tamarix hispida*, *Astragalus brachypus*, *Salsola tragus*, *Convolvulus eremophilus*, *Salsola orientalis*. Проективное покрытие не превышает 20%. Подобное сообщество очень редкое, и оно встречается лишь на небольших участках осушенного дна моря. Эremosпартонно-кандымовое сообщество (45°16'88,3" с. ш., 059°35'50,6" в. д.) произрастает на острове Возрождения, почва – песчаная. Флористический состав представлен 11 видами сосудистых растений. В растительном покрове преобладает *Calligonum aphyllum*, содоминантом является *Eremosparton aphyllum*. Также в составе сообщества местами одиночными кустами произрастают *Calligonum junceum*, *Artemisia diffusa*, *Ephedra distachya*, *Astragalus unifoliolatus*, *Astragalus brachypus*, *Climacoptera lanata*, *Salsola paulsenii*, *Eremopyrum orientale*, *Arabidopsis pumila*. Проективное покрытие не превышает 30%.

На супесчаных почвах острова не менее важным является находка новой формы *Allium caspium*, отличающейся от настоящего лука каспийского белыми лепестками и желтыми тычинками. Такая форма ранее нигде не была

обнаружена. *Allium caspium* – эфемероид с очень коротким периодом вегетации, редкий для Узбекистана вид. Приведем краткую эколого-фитоценологическую характеристику изученных растительных сообществ с участием этого таксона.

Бюргуново-кейреуковое (*Salsola orientalis*+*Anabasis salsa*) сообщество (45°02'33,3" с. ш., 059°13'17,0" в. д.) произрастает на причинковой равнине острова, почва – супесчаная. В растительном покрове преобладают особи *Salsola orientalis* и *Anabasis salsa*. Общее участие в проективном покрытии составляет 46%. Наряду с доминантными видами на втором месте по обилию встречаются *Salsola arbusculiformis* и *Haloxylon aphyllum*. Видовое разнообразие в описываемом участке значительно больше по сравнению с первым – 23 видов. Курчавково-саксауловое (*Haloxylon aphyllum*+*Atraphaxis spinosa*) сообщество (45°10'50,2" с. ш., 059°19'33,1" в. д.) изучена под чинком. Почва описываемой площадки суглинистая, гипсоносная, местами щебнистая. Проективное покрытие травостоя составляет 45%. Наряду с доминирующими видами (*Haloxylon aphyllum*, *Atraphaxis spinosa*) в разном обилии произрастают *Calligonum aphyllum*, *Ammodendron conollyi*, *Ephedra distachya*. Бюргуновотетыровое (*Salsola gemmascens*–*Anabasis salsa*) сообщество (45°18'02,1" с. ш., 059°32'42,2" в. д.) произрастает на острове Возрождения, почва – суглинистая, такыровидная. Флористический состав слагается 16 видами сосудистых растений. В растительном покрове преобладают особи *Salsola gemmascens*, доминантом сообщества является *Anabasis salsa*. Проективное покрытие не превышает 15%.

Исследования, направленные на охрану редких и эндемичных видов растений, на оценку современного состояния ценопопуляций (ЦП) редких растений для обеспечения их устойчивости, на формирование их списков, на сохранение видов, ареал которых сокращается из-за различных факторов, – ведутся в ведущих мировых научных центрах. В Узбекистане также рядом ученых проведены обширные научные исследования по оценке современного состояния ЦП эндемичных, редких и исчезающих видов растений [3–5].

При изучении онтогенетической структуры ЦП *Astragalus brachypus* выявлено, что изученные ЦП нормальные, неполночленные. Благодаря максимальному количеству средневозрастных генеративных особей, онтогенетический спектр, выявленный на эремоспартоново-астрагаловом и эремоспартоново-кандымовом сообществах, совпадает с характерным (центрированный) и отражает биологические особенности вида (постепенное увеличение длительности жизни в прегенеративном и генеративном периодах с кульминацией в средневозрастном состоянии, быстрое старение). Онтогенетическая структура ЦП связана с эколого-ценотическими условиями произрастания. Плотность особей в изученных ЦП варьирует в среднем от 1,4 до 1,6 экз./м², экологическая плотность – от 2,9 до 3,2 экз./м².

Изученные ЦП *Allium caspium* также неполночленные, отсутствие ювенильных и иматурных особей в ЦП 2, 3 связано с изменчивостью погоды, влияющей на всхожесть. В песчаных пустынях основными факторами высту-

пают сухость и подвижность песчаного субстрата. Абсолютный максимум может приходиться на любую из онтогенетических групп прегенеративной фракции. Его положение связано с интенсивностью отмирания особей и разной продолжительностью онтогенетических состояний. Онтогенетический спектр ЦП 3 не совпадает с характерным. В зависимости от эколого-фитоценологических условий местообитаний плотность особей в сообществах варьировала от 1,3 до 1,7 экз./м², экологическая плотность – от 2,8 до 3,2 экз./м².

Таким образом, влияние процессов опустынивания, изменения климата, засоления почв и других факторов отражается на современном состоянии ЦП изученных видов. При таких обстоятельствах, хотя *Astragalus brachypus* и *Allium caspium* в настоящее время не включены в Красную книгу Республики Узбекистан, они требуют длительного наблюдения. В результате высыхания Аральского моря экологическая ситуация в районе не могла не сказаться на всех экотопах. Тысячи гектаров солончаков и зыбучих песков, образовавшихся в результате высыхания моря, негативно сказываются на окружающем биоразнообразии и его состоянии. В результате расширяется ареал видов псаммофитов и галофитов. Современное состояние ЦП изучаемых видов в сложившихся условиях окружающей среды, вызванных изменением климата и высыханием Аральского моря, свидетельствует о необходимости их охраны.

Работа выполнена в рамках прикладного проекта АЛ-6322041306 по теме «Формирование современного списка флоры на основе углубленного изучения растительности осушенного дна Аральского моря, создание цифровой базы данных и коллекции их генофонда».

Библиографический список

1. Баратов П., Маматкулов М., Рафиков А. Естественная география Средней Азии. Ташкент : Укитувчи, 2002. С. 277–280.
2. Бакиров Н. Ж., Хамзаев А. Х., Новицкий З. Б. Лесные насаждения на осушенном дне Аральского моря // Известия вузов. Лесной журнал. 2020. № 2. С. 51–59. doi: 10.37482/0536-1036-2020-2-51-59
3. Шомуродов Х. Ф., Сарibaева Ш. У, Ахмедов А. Распространение и современное состояние редких видов растений на плато Устюрт в Узбекистане // Аридные экосистемы. 2015. Т. 21, № 4 (65). С. 75–83.
4. Абдураимов О. С. Биологические особенности и состояние ценопопуляций видов рода *Tulipa* L. в Кызылкуме : автореф. дис. ... д-ра философии (PhD) по биологическим наукам: 03.00.05. Ташкент, 2017. 43 с.
5. Ценопопуляции редких и исчезающих видов растений останцовых низкогорий Кызылкума / Х. Ф. Шомуродов, Т. Рахимова, Н. К. Рахимова, Б. А. Адиллов, Ш. У. Сарibaева. Ташкент : Навруз, 2018. 230 с.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОВ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. Н. Агеева

Белорусско-Российский университет, Беларусь, ageeva.tam@yandex.by

В статье представлены данные об изменении уровней радиоактивного загрязнения земель лесного фонда Могилевской области в отдаленный после аварии на Чернобыльской АЭС период. Показано, что в связи с неоднородностью загрязнения и особенностями миграции радионуклидов в лесных экосистемах, содержание ^{137}Cs в отдельных ее компонентах еще колеблется в широких пределах.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, ^{137}Cs , земли лесного фонда, уровни активности, древесина, лесные грибы и ягоды.

После аварии на Чернобыльской АЭС основной вклад в формирование долговременного загрязнения территории Могилевской области внес ^{137}Cs [1, 2]. В зоне радиоактивного загрязнения с плотностью от 37,0 кБк/м² и выше оказалось около 35% территории области. Доля загрязненных лесов составила 42,8% от их общей площади (986 тыс. га). Поверхностная активность носила неоднородный характер и на отдельных участках превышала 1480 кБк/м² (около 21,4 тыс. га) [3, 4]. В связи с чем отмечались и значительные колебания в уровнях содержания ^{137}Cs в растительных компонентах лесных экосистем.

За прошедший после аварии период в результате естественного распада радионуклидов снизилась плотность загрязнения земель лесного фонда, произошло перераспределение ^{137}Cs в напочвенном и почвенном слое и изменилось его содержание в лесной растительности.

Поэтому целью работы было изучить изменения, произошедшие в уровнях радиоактивного загрязнения земель лесного фонда и содержания ^{137}Cs в отдельных компонентах лесных экосистем Могилевской области.

По данным первичного обследования земель Государственного лесного фонда Беларуси в зоне радиоактивного загрязнения Могилевской области (на 1.01.1992) оказалось 422,1 тыс. га леса. Из них площади с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs до 185 кБк/м² составили 249,4 тыс. га, от 185 до 555 кБк/м² – 98,7 тыс. га, от 555 до 1480 кБк/м² – 52,8 тыс. га и свыше 1480 кБк/м² – 21,2 тыс. га [3, 5]. До 2010 г. отмечалась тенденция роста загрязненных земель лесного фонда (до 460,7 тыс. га) за счет передачи ему выведенных из оборота наиболее загрязненных сельскохозяйственных земель. Однако естественный распад радионуклидов снизил уровни загрязнения земель, в результате чего в настоящее время уменьшилась и площадь лесного фонда, относящаяся к зоне радиоактивного загрязнения. Так, на начало 2021 г. она составляла уже 376,1 тыс. га (или 30,49% от их общей площади), в том числе в раз-

резу уровней активности почв: до 185 кБк/м² – 243,3 тыс. га, от 185 до 555 кБк/м² – 95,1 тыс. га, от 555 до 1480 кБк/м² – 37,0 тыс. га и свыше 1480 кБк/м² – 0,2 тыс. га [5]. Почти в два раза снизилась площадь земель с высокой плотностью загрязнения (от 555 кБк/м² и выше). Небольшие участки, с поверхностной активностью почв более 1480 кБк/м², остались только на территории Краснопольского лесхоза. Площадь земель с плотностью загрязнения от 37 до 555 кБк/м² почти не изменилась (минус 2,7%) за счет перераспределения в разрезе активностей.

Миграция радионуклидов в лесных экосистемах имеет свои особенности, обусловленные наличием лесной подстилки, являющейся мощным биогеохимическим барьером на пути проникновения радионуклидов вглубь почвы. Поступление ¹³⁷Cs в лесную растительность во многом определяется уровнем радиоактивного загрязнения почв и зависит от их физико-химических свойств и степени увлажнения, а также биологических особенностей различных видов [4, 6].

Загрязненные радионуклидами леса Могилевской области находятся в различных условиях произрастания, отличаются возрастом и породным составом, имеют неоднородный уровень загрязнения, поэтому и удельная активность ¹³⁷Cs в отдельных компонентах лесных экосистем значительно варьирует [7].

В некоторых лесхозах по-прежнему регистрируются высокие уровни загрязнения древесины, которая является основной продукцией леса. Так, в пробах деловой древесины максимальная активность ¹³⁷Cs составляла 1495 Бк/кг (2017 г.), топливной – 1709 Бк/кг (2017 г.) и 5145 Бк/кг (2020 г.). Такие пробы регистрируются в основном на участках с высокой плотностью загрязнения, поэтому для обеспечения радиационной безопасности и заготовки нормативно чистой древесины проводится обязательное обследование лесосек. Анализ результатов радиационного контроля Могилевского государственного производственного лесохозяйственного объединения (Могилевского ГЛПХО) за последние двадцать лет показал, что основная часть отбираемых проб древесины не превышала Республиканский допустимый уровень (РДУ-2001 – 740 Бк/кг) по содержанию ¹³⁷Cs. Доля проб, превышающих РДУ, колебалась для деловой древесины на уровне 0,1–1,5%, для дровяной – 0,5–4,7%. Средняя удельная активность варьировала от 105 до 205 Бк/кг в деловой древесине и от 116 до 225 Бк/кг – в дровяной.

Основной проблемой загрязненных территорий остается высокоактивная пищевая продукция леса: грибы, ягоды и дичь.

В лесных сообществах аккумуляторами радионуклидов являются грибы. Способность накапливать радионуклиды у различных видов грибов во многом зависит от площади их мицелия и глубины его проникновения в минеральные слои почвы. Содержание ¹³⁷Cs в грибах может быть в разы больше, чем в почве, на которой они произрастают [6, 7]. Несмотря на снижение концентрации ¹³⁷Cs в окружающей среде, его накопление в грибах остается достаточно высоким. В отдельные годы наблюдается резкое возрастание содер-

жание ^{137}Cs в грибах, а затем оно вновь снижается. Колебания чаще связаны с их урожайностью в тех или иных лесхозах, отличающихся уровнем загрязнения почв ^{137}Cs и условиями произрастания. Так, в течение последних двадцати лет (по данным Могилевского ГЛПХО), регистрировались случаи, когда максимальная удельная активность грибов составляла 90000–130000 Бк/кг, но в последние годы не превышала 10000 Бк/кг. Высокоактивные пробы грибов чаще регистрируются в Костюковичском, Чериковском и Краснопольском лесхозах, где имеются участки с высокой плотностью загрязнения. В то же время отмечается общая тенденция уменьшения доли проб грибов выше допустимого уровня (РДУ-99 – 370 Бк/кг). Так, если в период с 2000 г. по 2010 г. она колебалась на уровне 40–55%, то последние пять лет не превышала 35%. Наиболее загрязненными остаются маслята, средняя удельная активность которых в 2016–2020 гг. достигала 1320 Бк/кг (Быховский лесхоз) и 1885 Бк/кг (Чериковский лесхоз), несколько ниже она была у белых грибов (850 Бк/кг и 914 Бк/кг по тем же лесхозам) и лисичек (428 Бк/кг и 580 Бк/кг) и самая низкая – у опят, подосиновиков и подберезовиков (210–276 Бк/кг и 128–351 Бк/кг).

Среди лесных ягод наиболее распространенной на территории Могилевской области является черника, реже встречается клюква, голубика, брусника, земляника. Высокие уровни накопления ^{137}Cs более характерны для клюквы и черники, однако и их максимальная активность в последние двадцать лет значительно уменьшилась (с 3700 Бк/кг до 1500 Бк/кг). Отмечается также общая тенденция снижения удельного веса проб лесных ягод с превышением допустимого уровня (РДУ-99 – 185 Бк/кг) с 30–40% (в 2000–2010 гг.) до 17–28% (последние десять лет), несмотря на незначительные колебания в отдельные годы в сторону роста. Наиболее высокая средняя активность черники (по отобраным пробам за сезон) отмечается в лесных массивах Чериковского лесхоза (197–281 Бк/кг), клюквы – Кличевского лесхоза (174 и 157 Бк/кг), брусники – Краснопольского (180–205 Бк/кг), земляники – Чериковского лесхоза (98 Бк/кг). Несмотря на то, что содержание ^{137}Cs в лесных ягодах несколько ниже, чем в лесных грибах, оно все еще остается на достаточно высоком уровне.

Среди лесных промысловых животных наиболее высокие уровни накопления ^{137}Cs характерны для дикого кабана, далее в порядке уменьшения следуют заяц, косуля и лось [6]. Максимальная удельная активность исследованных проб мяса дичи (по данным Учреждения здравоохранения «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья») составляла в 2000 г. 39804 Бк/кг (Чериковский район) и 19026 Бк/кг (Краснопольский район), в 2010 г. – 39358 Бк/кг (Краснопольский район) и 9999 Бк/кг (Костюковичский район). В последующие годы не превышала 10000 Бк/кг [8–10]. Удельный вес проб дичи выше допустимого уровня (РДУ – 500 Бк/кг) в начале двухтысячных годов колебался в пределах 46–57%, в последние пять лет не превышал 20%. Повышенные уровни содержания ^{137}Cs в пробах мяса

дичи регистрируются не только в зоне радиоактивного загрязнения, но и на условно чистых территориях, что связано с миграцией диких животных.

Таким образом, в Могилевской области сохраняется проблема радиоактивного загрязнения земель лесного фонда, несмотря на снижение уровней активности в результате естественного распада радионуклидов. Неоднородность радиоактивного загрязнения и особенности миграции радионуклидов в лесных экосистемах приводят к значительным колебаниям уровней содержания ^{137}Cs в отдельных ее компонентах. В некоторых лесхозах по-прежнему отмечаются высокие уровни загрязнения древесины, поэтому должны сохраняться меры радиационной безопасности при ее заготовке.

Несмотря на общую тенденцию снижения уровней содержания ^{137}Cs в пищевой продукции леса, еще регистрируются высокоактивные пробы, которые небезопасны для населения. На территории многих лесхозов высока доля лесных грибов и ягод с содержанием ^{137}Cs выше допустимых уровней. Частое употребление такой продукции вносит существенный вклад в дозу внутреннего облучения определенной части населения [11, 12]. Проблемы радиационной безопасности решаются в основном за счет ограничительных мероприятий. В загрязненных лесных массивах устанавливаются предупреждающие и запрещающие знаки. Проводится информирование населения об уровнях загрязнения лесных грибов и ягод в разрезе лесничеств. Работают пункты радиометрического контроля, которые проводят исследование лесных грибов и ягод в период их массовой заготовки. Сохранение мер радиационной защиты в лесном хозяйстве останется приоритетной задачей еще на долгие годы.

Библиографический список

1. Хвостова М. С. Эколого-географические аспекты Чернобыльской катастрофы (историко-научный обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 1. С. 65–71. doi: 10.25750/1995-4301-2008-1-065-71
2. Тихонов М. Н., Рылов М. И. Ядерные энергетические установки: постижение реальности // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 3. С. 48–56. doi: 10.25750/1995-4301-2009-3-048-056
3. Национальный доклад Республики Беларусь. 30 лет чернобыльской аварии: итоги и перспективы преодоления ее последствий. Минск : МЧС Республики Беларусь, 2016. 90 с.
4. Казаченок Н. Н., Агеева Т. Н. Радиоэкологические проблемы в зонах радиоактивного загрязнения. Могилев : БРУ, 2020. 309 с.
5. Радиационный контроль. ГЛПХО Могилевской области [Электронный ресурс]. – URL: <https://plho.mogilev.by> (дата обращения: 12.10. 2022).
6. Переволоцкий А. Н. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах. Гомель : РНИУП «Институт радиологии», 2006. 255 с.
7. Радиоэкологические особенности миграции ^{137}Cs в растительность лесных экосистем Могилевской области Беларуси, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС / А. В. Щур, Д. В. Виноградов, В. П. Валько, Г. Н. Фадькин, Г. Д. Гогмачадзе // Агро-Эко Инфо. 2015. № 4 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/4/st_17.doc (дата обращения: 12.10.2022).
8. Радиационный контроль Могилевская область за 2008 год // Информационный бюллетень УЗ «Могилевский Обл. ЦГЭ и ОЗ». Могилев, 2009. 34 с.

9. Радиационный контроль Могилевская область за 2012 год // Информационный бюллетень УЗ «Могилевский Обл. ЦГЭ и ОЗ». Могилев, 2013. 33 с.

10. Здоровье населения и окружающая среда на территории Могилевской области в 2020 году // Информационно-аналитический бюллетень УЗ «Могилевский Обл. ЦГЭ и ОЗ». Могилев, 2021. 198 с.

11. Роль радиоэкологических и социальных факторов в формировании доз внутреннего облучения сельских жителей территории радиоактивного загрязнения / Т. Н. Агеева, А. В. Щур, Т. П. Шапшеева, Т. И. Чегерова // Экологический вестник. 2010. № 2 (12). С. 40–49.

12. Влияние радиоэкологической ситуации в приселитебных лесных массивах на дозы внутреннего облучения сельских жителей / А. В. Щур, Д. В. Виноградов, Т. Н. Агеева, Т. П. Шапшеева, В. А. Грязин // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 1 (29). С. 79–86.

ЭКСПАНСИЯ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО В УСЛОВИЯХ ЗОНЫ ЮЖНОЙ ТАЙГИ: ПРОБЛЕМЫ, НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Т. Я. Ашихмина^{1,2}, Н. В. Сырчина², Л. В. Кондакова^{1,2},
Л. И. Домрачева^{1,3}, И. Г. Широких^{1,4}, Е. В. Товстик²,
Т. И. Кутявина², Т. А. Адамович², В. В. Рутман²*

*¹ Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук, ecolab2@gmail.com*

² Вятский государственный университет,

³ Вятский государственный агротехнологический университет,

*⁴ Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого*

Ограничение экспансии борщевика Сосновского является важнейшим направлением деятельности по обеспечению экологической безопасности, предотвращению биологического загрязнения и сохранению биологического разнообразия.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, экспансия данного вида, меры борьбы, методы и подходы снижения распространения.

С каждым годом популяция инвазивного вида борщевика Сосновского занимает новые площади, заходит в лесные массивы, опушки, на необрабатываемые сельскохозяйственные земли, разрастается активно вдоль дорог и заходит в населенные пункты [1]. Площадь распространения борщевика Сосновского только на необрабатываемых землях сельскохозяйственного назначения в Кировской области, по данным Министерства сельского хозяйства, оценивается приблизительно в 10 тыс. га.

Территория Кировской области типична для проведения исследований по изучению причин экспансии борщевика Сосновского. Здесь имеются обширные разновозрастные заросли борщевика на обочинах дорог, в заброшен-

ных деревнях, на выведенных из оборота зарастающих полях и т. п., характерен широкий спектр экотопов, расположенных в различных почвенно-климатических условиях. Все это обеспечивает хорошие условия для быстрого расселения борщевика Сосновского.

В Кировской области этот вид выращивался в производственных условиях в основном для получения корма (силоса) крупнорогатого скота. В настоящее время в регионе на зарастающих борщевиком Сосновского территориях проводятся работы по борьбе с этим опасным инвазивным видом. Применяются различные меры по борьбе с экспансией данного вида (кошение, вспашка, перекапывание), в том числе и химическая обработка (опрыскивание химикатами), обработка гербицидом (глифосатом) заросших борщевиком Сосновского территорий вдоль дорог. В некоторых местах экспансия борщевика Сосновского достигает уровня экологического бедствия. Ни один из предлагаемых в настоящее время методов борьбы с борщевиком в виду низкой эффективности, экологической опасности или чрезвычайно высокой затратности (работы по химическому уничтожению борщевика на площади 1 га с учетом двухразовой обработки оцениваются не менее 50 тыс. руб.), не позволяет остановить освоение этим растением новых территорий. Внедрение борщевика Сосновского в природные и агрогенные экосистемы происходит с последующим вытеснением автохтонных или культурных видов.

Коллективом научно-исследовательской лаборатории биомониторинга в течение ряда лет проводятся исследования по изучению инвазивного вида борщевика Сосновского с применением ГИС-технологий и дистанционного зондирования в области картографирования и автоматического поиска на космических снимках территорий, подверженных его распространению. По результатам этой деятельности были подобраны методы эффективного поиска по спутниковым данным и составлены карты его распространения, проанализирована динамика распространения за несколько лет. Помимо дешифрирования космических снимков, проводится аэросъемка с применением беспилотных летательных аппаратов и проводится анализ полученных изображений. Разработана программа автоматизированного анализа аэроснимков для поиска борщевика на снимке, подсчета площади зарастания и приблизительного количества особей [2–6].

Получены новые данные о составе и численности почвенных фитопатогенов (*Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Helminthosporium sativum*, *Bipolaris sorokiniana*, *Cochliobolus sativus* и др.) в геоценозах, заселенных борщевиком Сосновского. Доказано, что в почвах участков массового произрастания борщевика Сосновского встречаются актинобактерии, которые благодаря наличию антибиотической активности, могут противодействовать вторжению патогенных видов микроскопических грибов в его прикорневую зону, тем самым способствовать повышению его инвазивности. Выявлена роль микроорганизмов ризосферы и ризопланы в обеспечении условий для быстрого наращивания огромной биомассы борщевика Сосновского в условиях бедных дерново-подзолистых почв. Комплекс фундаментальных микробиологиче-

ских исследований позволил получить новые данные о влиянии борщевика Сосновского на супрессивность почв [7–11].

В научной литературе имеются данные о всестороннем исследовании данного вида на организменном уровне (биохимия, анатомия, физиология), однако крайне ограничены сведения по результатам исследования на биогеоценотическом и экосистемном уровнях. Проведение исследований в данном направлении позволит сделать анализ и оценку экологических последствий внедрения борщевика Сосновского в природные и антропогенные экосистемы, а также провести экологическую оценку последствий реализации различных мер борьбы с экспансией этого вида, определить нормы адаптивной реакции борщевика Сосновского в различных экосистемах и связи его с макроорганизмами; выявить автохтонные виды-конкуренты, способные сдерживать распространение борщевика Сосновского или подавлять его развитие в конкретных почвенно-климатических условиях. Кроме того, такой подход в исследованиях даст возможность получить новые данные о функционально-ценотической организации микробных сообществ почв, на которых формируются заросли борщевика Сосновского, о дискретно-континуальной и вертикально-ярусной структуре микробных сообществ, роли микроорганизмов в трансформации органического вещества борщевика Сосновского; позволит оценить последствия применяемых в настоящее время методов борьбы с борщевиком; наличие экотопов, заселенных борщевиком Сосновского в разные периоды времени и разработать модель трофических отношений инвазивного вида в экосистемах-реципиентах.

По линии Правительства Кировской области разработана региональная программа по борьбе с данным инвазивным видом, обращено особое внимание муниципалитетов, всех служб региона, имеющих отношение к данному вопросу, призвано научное сообщество активно подключиться к решению данной проблемы. Поиск новых методов и технологий борьбы с борщевиком Сосновского, выявление коренных фитоценозов видов для ограничения или предотвращения доминирования борщевика, безусловно, крайне необходимая, важная фундаментальная и прикладная задача. Ограничение возможностей его доминирования в сложившихся фитоценозах за счет использования конкурентных преимуществ других видов растений и почвенных микробных ассоциаций, может стать наиболее приемлемым направлением борьбы с экспансией этого инвазивного вида не только на территории Кировской области, но и при тиражировании данного подхода на территориях других регионов.

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

Библиографический список

1. Семчук Н. Н., Балун О. В., Гладких С. Н., Абдушаева Я. М. Трансформация травянистого культурного растения в опасный инвазионный дикорастущий вид // АгроЭкоИнженерия. 2021. № 4 (109). С. 29–40. doi:10.24412/2713-2641-2021-4109-29-40

2. Рутман В. В., Кантор Г. Я. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов для изучения распространения инвазивной растительности // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. с междунар. участием конф. Киров : Вятский государственный университет, 2021. С. 222–225.

3. Рутман В. В., Кантор Г. Я. Особенности спектров отражения борщевика Сосновского по данным с космического аппарата Sentinel-2 // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : Вятский государственный университет, 2019. С. 47–50.

4. Рутман В. В., Кантор Г. Я. Идентификация борщевика Сосновского по данным дистанционного зондирования Земли // Будущее сильной России – в высоких технологиях : сб. тезисов работ участников секции «Аэрокосмическая техника и технологии» XII открытой юношеской науч.-практ. конф. Т. 1. СПб., 2018. С. 28–30.

5. Рутман В. В., Кантор Г. Я. Разработка компьютерной программы для идентификации борщевика Сосновского по аэрофотоснимку // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров : ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 183–185.

6. Рутман В. В., Кантор Г. Я. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов для изучения распространения инвазивной растительности // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. с междунар. участием конф. Киров : Вятский государственный университет, 2021. С. 222–225.

7. Изменение почвенной актинобиоты под влиянием инвазии борщевика Сосновского / Е. В. Товстик, И. Г. Широких, Е. С. Соловьева, А. А. Широких, Т. Я. Ашихмина, В. П. Савиных // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 4. С. 114–118. doi: 10.25750/1995-4301-2018-4-105-109

8. Identification of the thickets of *Heracleum sosnowskyi* using earth remote sensing data / E. V. Tovstik, T. A. Adamovich, V. V. Rutman, G. Ya. Kantor, T. Ya. Ashikhmina // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 2. С. 35–37. doi: 10.25750/1995-4301-2018-2-035-037

9. Идентификация и изучение свойств *Streptomyces geldanamycininus* ЗК9, выделенного из почвы под зарослями борщевика Сосновского / Е. В. Товстик, А. В. Сазанов, А. В. Бакулина, И. Г. Широких, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 53–60. doi: 10.25750/1995-4301-2019-2-053-060

10. 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.

11. Товстик Е. В., Широких А. А., Широких И. Г. Микробные сообщества прикорневой зоны борщевика Сосновского // Вестник современных исследований. 2018. № 10.7 (25). С. 181–186.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛУДЕЙ ДУБА КРАСНОГО (*QUERCUS RUBRA* L.), ФОРМИРОВАВШИХСЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПАРКА г. ТУЛА

П. А. Земенкова, А. В. Хапкина

*Тульский государственный университет,
polinazemenkova2@gmail.com, khapkina-av@yandex.ru*

В работе представлены результаты количественной и качественной оценки плодов дуба красного (*Quercus rubra* L.), а также оценки состояния желудей по физиологическим параметрам.

Ключевые слова: доброкачественность семян, показатели проращивания.

Дуб красный (*Quercus rubra* L.) является интродуцированным видом, то есть видом, несвойственным для данной территории. Чаще всего его высаживают в городских садах, парках и вдоль улиц.

Интродукция древесных растений включает распространение семян, черенков, а иногда и молодых растений целиком. Семенной способ разведения интродуцентов является более эффективным, так как обеспечивает лучшую адаптацию интродуцируемых древесных растений к новым условиям внешней среды. Во всех случаях при интродукции человек имеет дело не с видом в целом (вид как система популяций существует только в своем естественном ареале), а лишь с определенными представителями его популяций [1].

Данное исследование заключается в изучении особенностей семенного размножения дуба красного (*Q. rubra*) в климатических условиях г. Тула, посредством проведения количественной и качественной оценки плодов, а также оценки плодов по физиологическим параметрам.

Объектом данной работы является плод *Q. rubra* – орех (желудь) почти шаровидный, сидячий, коричневый, длиной около 2–3 см и в поперечнике 2 см, блестящий, кожура внутри опушенная. Плюска чашевидная, окружает желудь примерно на 0,3 длины. Чешуйки плюски кожистые, тонко опушенные, овальные [2]. Желуди в экспериментальных целях собраны в сентябре и октябре 2021 г. с земли под маточными растениями. В сентябре 2021 г. собран 481 желудь (далее – 1 сбор), в октябре – 648 желудей (далее – 2 сбор).

Морфологические параметры – это важный показатель, поскольку от этого зависит всхожесть, интенсивность развития растений и их продуктивность. При определении доброкачественности все желуди по морфологическим параметрам делились на группы: загнившие, съеденные грызунами, пораженные насекомыми, доброкачественные, проросшие (рис. 1).

Изучение морфологических параметров показало, что наибольший процент у всех двух сборов занимают доброкачественные желуди, но больше доброкачественных плодов второго сбора (65,7%), также среди желудей второго сбора меньше загнивших (10,3%). Пораженные насекомыми плоды преобладают у первого сбора (28,1%), по сравнению со вторым. Во втором сборе присутствует больше проросших желудей (4,9%).



Рис. 1. Распределение желудей по группам: А – 1 сбор; Б – 2 сбор

В результате измерения продольных и поперечных размеров желудей, их взвешивания установлено следующее (рис. 2). Средние показатели длины плодов составляют 25,9 мм и 27,1 мм (1 сбор и 2 сбор соответственно), ширины – 18,6 мм и 19,4 мм, массы 3,93 г и 4,63 г. Средние размеры желудей дуба красного соответствуют параметрам, указанным в литературных источниках. Можно заметить, что средние показатели у желудей второго сбора превышают таковые у первого сбора.

Проращение семян – это начальный этап онтогенеза растений, процесс выхода семян из состояния покоя и переход к интенсивной жизнедеятельности, в результате чего трогаются в рост зародыш и образуется проросток, из которого в последующем формируется взрослое растение [3]. Был проведен опыт по определению среднеарифметических показателей проращивания: всхожесть техническая; энергия проращивания; средний семенной покой (рис. 3). Для опыта было отобрано по 10 желудей с каждого сбора.

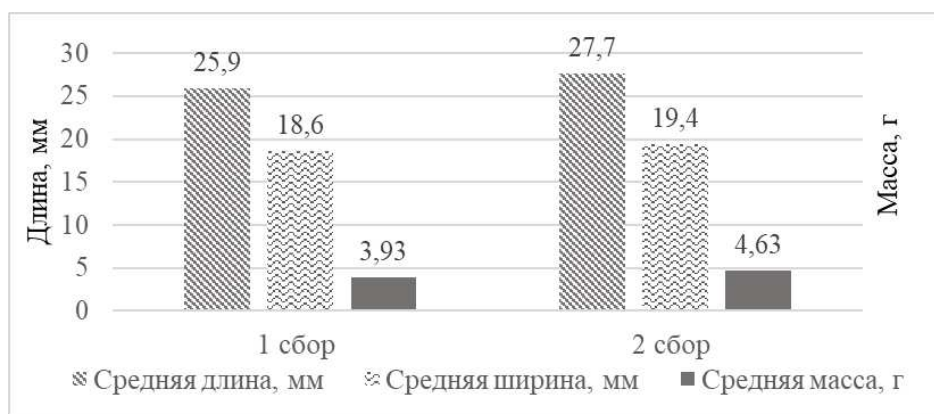


Рис. 2. Соотношение средней массы, средних продольных и поперечных размеров желудей двух сборов

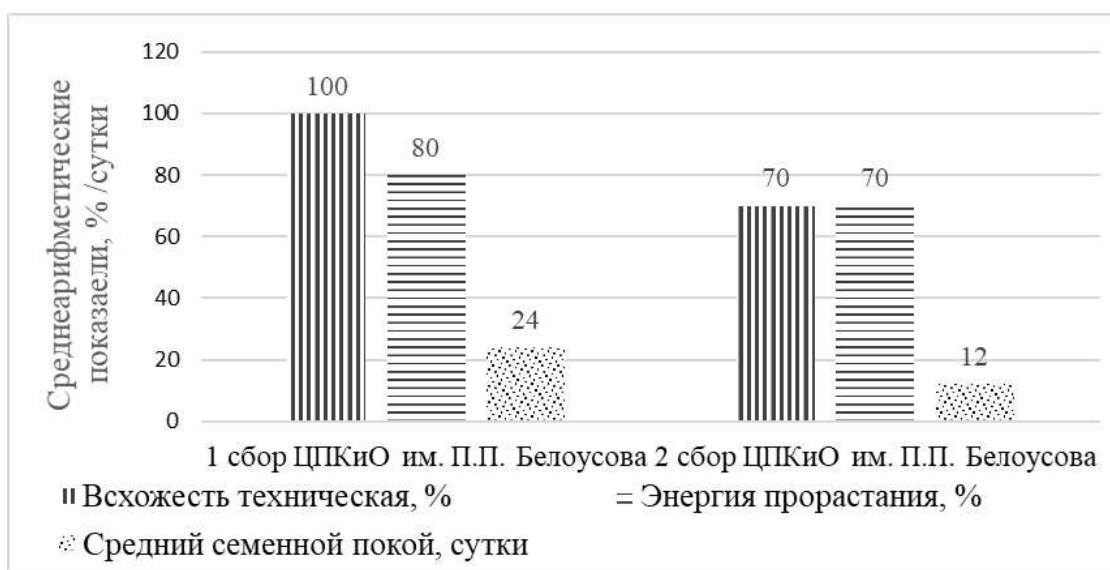


Рис. 3. Соотношение среднеарифметических показателей проращивания

Плоды первого сбора имеют высокий процент технической всхожести – 100%, высокий процент энергии прорастания – 80%, что показывает их способность дружно прорасти. Желуди второго сбора имеют менее высокие показатели проращивания: всхожесть техническая – 70%, энергия прорастания – 70%. Но средний семенной покой показывает, что быстрота прорастания выше у плодов второго сбора (12 суток).

Эксперимент по отслеживанию динамики роста корней и проростков проводили с 12.11.2021 г. по 17.01.2022 г., проростки вынимали и измеряли с точностью до 1 мм каждые трое суток (рис. 4, 5).

Можно заметить, что образцы обоих сборов имеют равномерный рост корня и проростка на протяжении всего эксперимента, но наибольшим ростом отличается второй сбор.

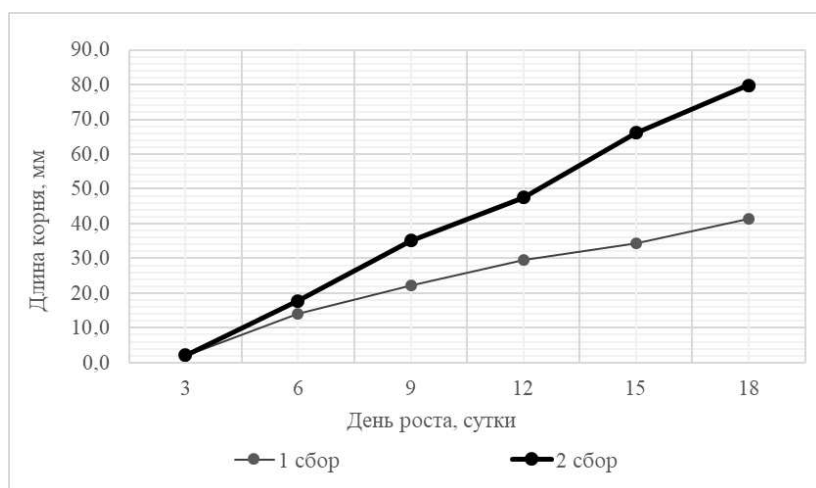


Рис. 4. Динамика роста корня

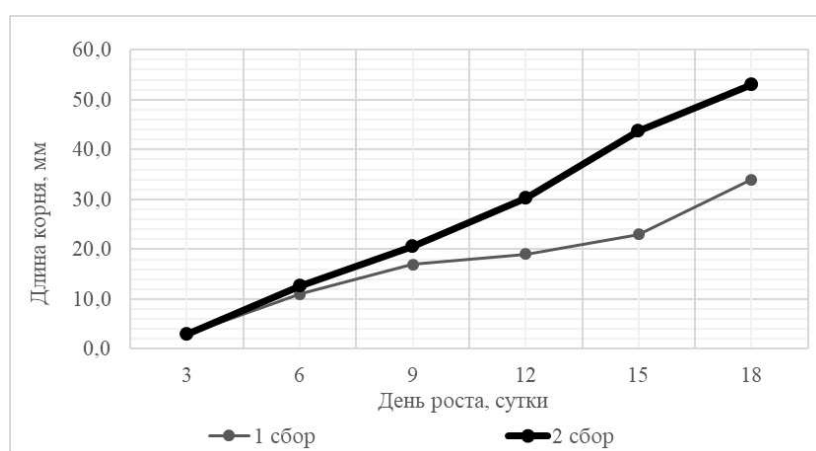


Рис. 5. Динамика роста проростков

Таким образом, дуб красный на территории ЦПКиО имени П. П. Белоусова г. Тула обильно плодоносит, что говорит о благоприятной экологической обстановке. Проведенная качественная оценка плодов показала, что процент доброкачественных желудей является наибольшим. Плоды имели высокие проценты среднеарифметических показателей проращивания, равномерную динамику роста корней и проростков. Желуди, собранные в октябре 2021 г., имеют большую среднюю длину, ширину и массу по сравнению с плодами сентябрьских сборов. Отличия обусловлены большим сроком развития, позволившим здоровым плодам достигнуть нормальной физиологической зрелости.

Библиографический список

1. Булыгин Н. Е. Дендрология. 2-е изд., перераб. и доп. Л. : Агропромиздат, 1991. 352 с.
2. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2014. 200 с.
3. Трешников А. Ф. Географический энциклопедический словарь : понятия и термины. 1988. 356 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛУДЕЙ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*QUERCUS ROBUR* L.), ФОРМИРОВАВШИХСЯ В РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ г. ТУЛЫ И ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

П. А. Земенкова, А. В. Солдатова, А. В. Хапкина
Тульский государственный университет,
polinazemenkova2@gmail.com, rolemodel693@gmail.com,
khapkina-av@yandex.ru

В исследовании приведены результаты оценки визуальных параметров и параметров доброкачественности плодов *Quercus robur* L., отобранных с разных территорий Тульской области. Выявлены причины различия данных.

Ключевые слова: параметры доброкачественности, показатель экологической обстановки.

Quercus robur L. – аборигенный вид и одна из важнейших лесообразующих пород европейской части России. Дубы являются информативными показателями состояния окружающей среды, их плоды используются в сельскохозяйственных структурах, служат кормом для диких животных [1].

В последние годы отмечено сокращение численности особей дуба, в большей степени это связано с антропогенными факторами: на дубравы давит процесс цивилизации, нарушая естественные процессы развития. На данный момент без искусственного содействия восстановить свои позиции дубы уже не в состоянии, хотя климатические условия это позволяют. Идея необходимости принятия срочных мер по спасению лесов на настоящий момент объединила самые разные организации. Например, в рамках акции «Сохраним лес» [2] во всех регионах страны за три года было высажено 70 млн. саженцев деревьев. Также сайт «Дубы Евразии» [3] публикует статьи о состоянии дубрав Европейской части России и пропагандирует мероприятия по их сохранению, что наглядно доказывает равнодушие общества к вопросам экологии и сохранения лесов. Это одна из немногих актуальных позиций глобального международного взаимодействия, где присутствует единая идеология – изучения, защита и восстановление дубов на территории России.

Предметом данного исследования стали особенности семенного размножения особей *Q. robur*, произрастающих в разных экологических условиях г. Тулы и районов Тульской области.

Территориями исследования стали: Малиновая засека г. Тула (два сбора), г. Болохово Киреевского района, д. Круглики Ефремовского района, д. Ивановка Ленинского района г. Тулы.

Методы оценки образцов согласованы с ГОСТ 13.056.8-97 «Семена деревьев и кустарников. Метод определения доброкачественности» [4].

Всего было отобрано 5105 шт. желудей, которые в ходе анализа были разделены по следующим критериям: доброкачественные (2139 шт., или

45%), загнившие (1202 шт., или 24%), съеденные грызунами (706 шт., или 14%), пораженные насекомыми (726 шт., или 14%), проросшие (332 шт., или 6%) (рис. 1). Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что наибольший процент повреждения приходится на поражение грибом, а повреждения от насекомых и грызунов находятся примерно на одном уровне.



Рис. 1. Соотношение показателей доброкачественности желудей

Отобранные образцы были оценены по следующему ряду параметров: средняя длина, средняя ширина и средняя масса, в ходе чего выявлены следующие данные (рис. 2–4). Можно утверждать, что состояние дубовых насаждений в д. Ивановка Ленинского района г. Тулы выше, чем в остальных точках сбора. На это указывает наивысший средний показатель параметров, оцененных в ходе эксперимента. Причиной такого распределения может служить факт удаленности лесного массива от крупных градообразующих предприятий. Наименьшие показатели параметров были выявлены для Малиновой засеки (1 сбор). Такая особенность описывается более ранним сбором материала, в который попадал наибольший процент незрелых и поврежденных образцов в связи с их ускоренным опаданием с деревьев *Q. robur*. Второй сбор был проведен несколько позже, что позволило отобрать более зрелые образцы в средних сборах.

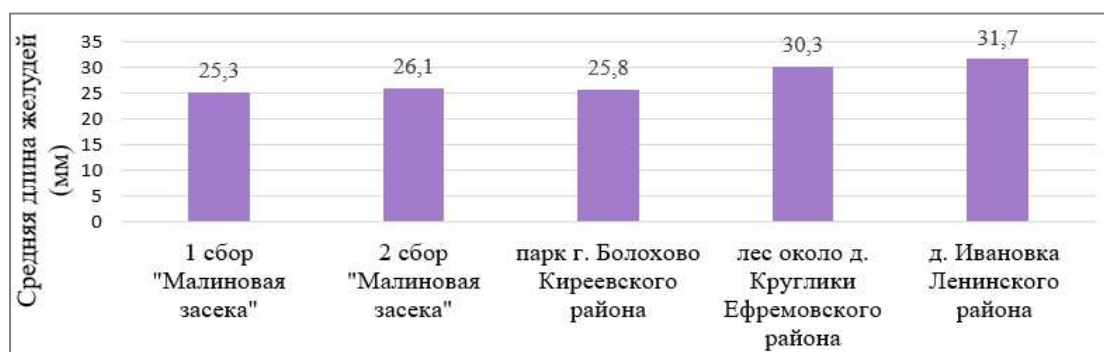


Рис. 2. Соотношение средних продольных размеров желудей *Quercus robur*, собранных в г. Туле и Тульской области

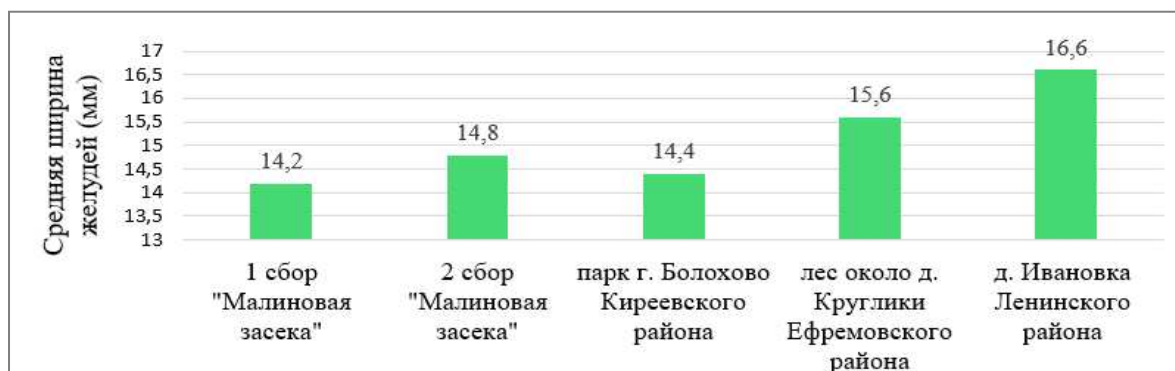


Рис. 3. Соотношение средних поперечных размеров желудей *Quercus robur*, собранных в г. Туле и Тульской области

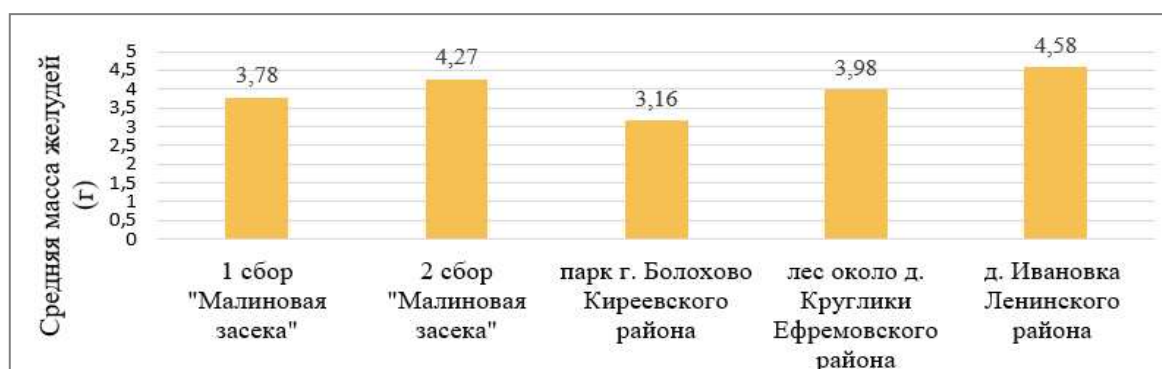


Рис. 4. Соотношение средней массы желудей *Quercus robur*, собранных в г. Туле и Тульской области

Полученные данные могут быть обусловлены тем, что желуди, собранные в октябре, созревали дольше по времени, чем желуди, собранные в сентябре. Тем самым плоды 2 сбора успели набрать большую массу и увеличиться в размерах.

Таким образом, проведение качественной оценки плодов *Q. robur*, собранных в октябре 2021 г., показало, что наибольшее количество загнивших и наименьшее доброкачественных желудей собрано около д. Круглики Ефремовского района. Территории парков г. Болохово Киреевского района и д. Ивановка Ленинского района характеризуются наибольшим количеством желудей, поврежденных животными. При этом сбор плодов д. Ивановка характеризуется наибольшим относительным количеством доброкачественных плодов. Наибольший процент проросших желудей обнаружен в лесу около д. Круглики Ефремовского района. Второй сбор плодов *Q. robur*, произведенный в октябре 2021 г., отличается большим количеством доброкачественных, меньшим количеством загнивших, съеденных и пораженных животными желудей, по сравнению с первым сбором, произведенным в сентябре 2021 г. Отличия обусловлены тем, что первыми опадают плоды недоразвитые, пораженные заболеваниями и насекомыми. Желуди более позднего срока сбора являются более здоровыми и развитыми.

Также выявлены внешние различия желудей *Q. robur*, собранных в разных локациях в октябре 2021 г. Самые крупные по размерам плоды оказались в д. Ивановка Ленинского района, а самые маленькие и узкие – на территории парка г. Болохово Киреевского района. Самыми тяжелыми также были желуди из д. Ивановка Ленинского района, а самую меньшую массу имели плоды из парка г. Болохово Киреевского района. Полученные данные могут быть обусловлены различными биологическими, антропогенными и техногенными факторами, влияющими на жизнедеятельность *Q. robur*.

Библиографический список

1. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2014. 200 с.
2. Сохраним лес [Электронный ресурс]. – URL: <https://xn--80akimeefqhi0b.xn--p1ai/> (дата обращения: 11.10.2021).
3. Дубы Евразии [Электронный ресурс]. – URL: <http://oaks.forest.ru/> (дата обращения: 11.10.2021).
4. Межгосударственный стандарт, семена деревьев и кустарников [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200025569> (дата обращения: 11.10.2021).

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПЫЛЕВИДНЫМИ ЧАСТИЦАМИ ЛИСТЬЕВ *ULMUS PUMILA* L. В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

В. Н. Дрожжина, М. В. Попова

*Воронежский государственный педагогический университет,
o.drozzhin@gmail.com, margarita_glebov@mail.ru*

В статье рассматривается загрязнение промышленного района города Воронежа пылевидными частицами по пылепоглощающей способности листьев *Ulmus pumila* L. Наибольший вклад в загрязнение пылевидными частицами вносит автотранспорт. Посадки древесных растений, парковые зоны, скверы значительно снижают уровень загрязнения. По количеству улавливаемой пыли можно проводить мониторинг уровня загрязнения городской среды.

Ключевые слова: запыленность, площадь листовой пластинки, пылеудерживающая способность, *Ulmus pumila* L.

Загрязнение городской среды пылевидными частицами сказывается негативно на здоровье человека. Растительные организмы являются естественными фильтрами и поглощают до 50% всех пылевидных выбросов, страдая при этом от повышения температуры и перегрева, закупорки устьиц, воздействия оксидов химических веществ, содержащихся в твердых выбросах, уменьшения интенсивности освещения и других негативных воздействий [1, 2]. Изучение улавливания пылевидных частиц листьями древесных растений ведется в нескольких направлениях, с одной стороны изучается химиче-

ский состав осаждаемых структур и их размерность, поскольку листья являются своеобразными мониторами. С другой стороны, изучаются древесные породы по своей способности осаждать пылевидные частицы и уменьшать уровень загрязнения. Пылепоглощающая способность связана с особенностями морфологии листовой пластинки [3, 4].

Исследования проводились в период 2021–2022 гг. на территории Левобережного района города Воронежа, где сосредоточено большое количество крупных промышленных предприятий и развита дорожно-транспортная сеть. Заложено 5 пробных площадок (ПП), на которых в качестве объекта исследования выбран вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.). На каждой ПП с 10 модельных деревьев отобрано по 10 листьев (всего по 100 штук с каждой ПП) и с них произведен смыв пылевидных частиц дистиллированной водой с последующей фильтрацией и упариванием, сбор образцов проводился в конце вегетационного периода, когда количество осажденных частиц максимально [5].

Ulmus pumila имеет восточноазиатское происхождение, в культуре встречается до широты Москвы. Из-за хорошего семенного возобновления способен дичать и широко уходить из культуры. Вяз приземистый является устойчивой породой, не требовательной к составу почвы и способной произрастать даже на засоленных территориях, стойко переносящей высокие и низкие температуры. Для проявления декоративных качеств в полной мере требуется солнечное место. Порода быстрорастущая, хорошо переносит городские условия с высоким уровнем загазованности, дерево можно подвергать стрижке и создавать живые изгороди, берсо, топиарии, поэтому часто используется в городском озеленении. Высокие декоративные качества были замечены достаточно давно и в культуру растение введено в 1860 г. В некоторых местах растение даже стало сорным.

Листовая пластинка овальная или ланцетно-эллиптическая, длина до 8 см, ширина до 3,5 см. Верхушка листа заостренная, край листовой пластинки зубчатый, основание листовой пластинки почти равнобокое, листья кожистые голые, количество боковых жилок от 9 до 14 штук. Листья коротко черешковые, очередные. Как у многих вязов листья располагаются в одной плоскости двурядно, молодые веточки также часто располагаются двурядно в одной плоскости.

Наибольшее количество пыли удержано деревьями вяза приземистого с пробной площади номер 1 – Сквер «Защитников Воронежа», находящейся на расстоянии около 1 км в западном направлении от одного из крупных источников выбросов исследуемой территории АО Воронежсинтезкаучук. Однако, учитывать только фоновые значения количества пыли неорганической в зоне расположения промышленного узла было бы неправильно. Данная реперная точка окружена крупными автомобильными дорогами: с западной стороны автотрассой, проходящей по Ленинскому проспекту, на северо-западе и юго-западе находятся автомобильная развязка Вогресовского моста, на которой автомобили по долгу стоят на светофоре с включенными двигателями, работающими на холостом ходу. Также в северном направлении от сквера, по

улице Лебедева, располагается Воронежская ТЭЦ-1, которая вносит свой вклад в загрязнение неорганической пылью данного участка.

Минимальное количество пыли на листовых пластинах вяза приземистого (в среднем 0,2 мг с одного листа) было выявлено на контрольном участке 5 ПП – урочище Чижовская дача. Таким образом, пылеудерживающая способность вяза приземистого, самого пылезагрязненного участка превышает более чем в 5 раз, запыленность условно чистой зоны.

Высокая суммарная масса пыли была обнаружена на листьях деревьев, произрастающих в сквере «Чижовский» 2 ПП. Мы связываем это с тем, что южная граница данной площадки примыкает к автомобильной дороге по улице Грамши, являющаяся о своей сути транзитным коридором для грузового автотранспорта, движущегося с западного направления (автомобильная дорога на Курск автомобильная дорога М-4 «Дон»). Доля только грузовых автомобилей здесь составляет около 30%.

Более чем в три раза превышает контрольную пылеудерживающая способность листьев *U. pumila* в Сквере имени Василия Шукшина (около 1,5 км в северо-западном направлении от промышленной площадки АО Воронежсинтезкаучук). В 1,5 раза больше задержано пылевидных частиц по сравнению с контролем в Парке «Южный» около 2 км в южном направлении. Общим для этих реперных точек является то, что они находятся на относительно удалении от автомобильных дорог, защищены от источников выбросов жилой застройкой, поэтому содержащееся количество пыли на листовых пластинках ниже, чем на других. Также следует отметить, что в сквере Василия Шукшина суммарная смываемая площадь листовых пластин, а также средняя масса пыли, полученная с одного листа больше, чем в Парке «Южный». Данные результаты показывают, что в нашем случае запыленность листовых пластинок вяза приземистого коррелирует больше с уровнем автотранспортной нагрузки, чем с удаленностью от источников выбросов промышленных предприятий и в частности ОО Синтезкаучук. Самая высокая запыленность отмечена в Сквере «Защитников Воронежа» и Сквере «Чижовский», самая низкая в условно чистой зоне – урочище «Чижовская дача». Результаты исследования по определению количества пылевых частиц на листовых пластинках вяза представлены в таблице.

Таблица

**Пылеудерживающая способность листовой пластинки
Ulmus pumila L.**

Показатели	1 ПП	2 ПП	3 ПП	4 ПП	5 ПП
Суммарная масса пыли, мг	44,2	29,6	13,9	43,4	9,2
Общая площадь, смываемых листьев, см ²	433,7	512,7	474,4	502,6	518,7
Средняя масса пыли с одного листа, мг	0,9	0,6	0,3	0,9	0,2
Пылеудерживающая способность, мкг/см ²	101,8	57,8	29,2	86,4	17,8
% от контроля	517	325	164	485	100

Представители рода *Ulmus* относятся к деревьям с максимальной и средней пылефильтрующей способностью. Неприхотливость в уходе и нетребовательность к условиям произрастания делают виды рода востребованными в городском озеленении. Проведенные исследования показывают высокий уровень загрязнения скверов и парков Левобережного района города Воронежа, что свидетельствует о высоком уровне антропогенной нагрузки на зеленые насаждения и организм человека. Вместе с тем это говорит о необходимости создания зеленых зон на территории города так как они успешно сокращают количество пылевидных частиц в атмосфере.

Библиографический список

1. Логачева Е. А., Солдатова В. В. Пылепоглощающая роль живых изгородей, защищающих окружающую среду урбанизированных территорий от отрицательного влияния автотранспорта // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2–13. С. 2860–2865.
2. Качмазова И. К., Кузнецова К. А., Грушецкая З. С. Особенности пылефильтрующей способности древесных растений в городе и возможности их использования // *Вестник ландшафтной архитектуры*. 2020. № 24. С. 21–24.
3. Глинянова И. Ю., Азаров В. Н. Экологическая безопасность жилых и общественно-деловых зон с позиции мониторинга PM_{2.5}, PM₁₀ на листьях абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) // *Вестник МГСУ*. 2020. Т. 15. № 4. С. 533–552. doi: 10.22227/1997-0935.2020.4.533-552
4. Глинянова И. Ю., Фомичев В. Т. Скрытые источники загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной пылью как проблема экологической безопасности в населенных пунктах: методологический аспект // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2020. № 2 (30). С. 3–59. doi: 10.21869/2311-1518-2020-30-2-3-59
5. Беляева Ю. В. Распределение показателей количества пыли на листовых пластинках *Betula pendula* Roth., произрастающей в г. Тольятти // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2015. Т. 17. № 4 (5). С. 989–993.

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ NDVI НА ЛЕСОПОКРЫТЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА»

И. А. Вартан, Т. И. Кутявина, А. М. Прокашев
Вятский государственный университет, igorvartan@gmail.com

В статье представлены данные о пространственном распределении значений нормализованного вегетационного индекса (NDVI) на территории государственного природного заказника «Былина», расположенного на северо-западе Кировской области. Проведен анализ зависимости распределения индекса от преобладающих в растительном покрове древесных пород и некоторых морфометрических параметров рельефа. Выявлены более высокие значения NDVI на участках, покрытых мелколиственными лесами.

Ключевые слова: ООПТ, заказник «Былина», вегетационные индексы, NDVI, индекс конвергенции, растительный покров.

Государственный природный заказник «Былина» является одним из наиболее ценных природных объектов Кировской области. Это уникальный комплекс природных ландшафтов, который охраняется государством. Особенностью заказника является сохранность его таежных природных комплексов и высокий уровень видовой биоразнообразия. Общая площадь ООПТ составляет 47632 га [1, 2].

Заказник находится на северной покатости возвышенности Северные Увалы и выполняет важную роль водораздела между бассейнами рек Белого, Баренцева морей и Каспийского моря-озера. Территория заказника расположена между двумя высотными орографическими уровнями – северной и южной увалистыми грядами [3]. Северная высотная гряда простирается почти параллельно долине реки Пушмы и образует водораздел между реками Пушмой и Моломой. Высота колеблется от 188 до 160 м над уровнем моря. Южная водораздельная гряда расположена ближе к зоне наибольших высот возвышенности Северные Увалы и имеет аналогичные абсолютные показатели 170–150 м. Относительные высоты изменяются в интервале не более 40–43 м, указывая на слабую расчлененность местного ландшафта. Интересным фактом является то, что орографический и гидрографический водоразделы не совпадают из-за неравномерных тектонических движений отдельных гряд Увалов. Пониженные участки и высокие водоразделы заняты болотами.

Коренной растительностью на данной территории являются темнохвойные леса из пихты и ели, а также светлохвойные леса с примесью мелколиственных пород [4]. Однако из-за интенсивных лесозаготовок относительно нетронутые лесные экосистемы сохранились только на ограниченных пространствах и были замещены переходными растительными сообществами, находящимися на разных стадиях послерубочной сукцессии [5]. В некоторых районах леса приближаются к зрелому состоянию, в других преобладают средневозрастные насаждения с большой долей мелколиственных пород в древостое, а на некоторых участках растут маловозрастные древостои с господством березы и примесью других светолюбивых пород. Многие участки леса заболочены из-за общих биоклиматических и почвенно-гидрологических условий.

Растительный покров является одним из ключевых объектов при оценке состояния окружающей среды и управлении природными ресурсами. Картографирование растительности и ее состояния с использованием дистанционного зондирования является эффективным методом для мониторинга изменений растительности на больших территориях. Одним из наиболее распространенных методов для оценки состояния растительного покрова является вычисление вегетационных индексов, включая нормализованный вегетационный индекс (NDVI).

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – это индекс вегетации, который широко используется для оценки здоровья и жизненной активности растительности, а также выявления изменений в ее состоянии на основе анализа спектральных характеристик растительного покрова. Он основан на раз-

личии в поглощении света растительностью в красной и ближней инфракрасной областях спектра. Растения поглощают больше света в красной области спектра (около 0,6–0,7 мкм), чем в ближней инфракрасной области (около 0,7–1,1 мкм). Здоровая, активная растительность отражает меньше света в ближней инфракрасной области, чем больная или неактивная растительность. По разнице значений NDVI можно оценить здоровье и жизненную активность растительности. Значения индекса находятся в диапазоне от -1 до 1.

NDVI рассчитывается по формуле:

$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red)$, где NIR – яркость ближней инфракрасной области, а Red – яркость красной области спектра.

Целью данной работы являлась оценка распределения значений нормализованного вегетационного индекса (NDVI) на лесопокрытых площадях государственного природного заказника «Былина».

Материалами для исследования послужили полевые данные о растительном покрове заказника, собранные в 2021 году, а также спутниковые данные: снимки Sentinel-2 с пространственным разрешением 10–30 м/пиксель, данные Alos DEM (разрешение 30 м/пиксель). Для обработки спутниковых данных и создания карт применялось программное обеспечение QGIS 3.30.0 и язык программирования Python (библиотеки Geopandas, Rasterio, SciPy, NumPy, Matplotlib, Rasterstats).

На первом этапе после предварительной обработки снимков была осуществлена бинарная классификация методом IsoData с выделением двух классов выходного изображения – лесная растительность и все прочие объекты, включая объекты техногенной природы. Затем производилась классификация с обучением методом спектрального угла (Spectral Angle Mapper Classification), в результате которой были выделены классы лесной растительности и прочих покрытых растительностью участков с созданием маски лесопокрытой территории, и контролируемая классификация на 5 классов, представляющих собой упрощенные страты растительности заказника (рис. 1.). По данным, полученным на этом этапе, доля лесопокрытых поверхностей в структуре территории заказника составляет 87,2%.

Следующим этапом стало вычисление средних значений и создание карты NDVI (рис. 2) для лесопокрытых участков заказника «Былина» за летний период 2021 года, а также геоморфометрических параметров – экспозиции склонов и индекса конвергенции (Convergence Index).

На завершающем этапе был произведен анализ значений NDVI на лесопокрытых территориях заказника и выявлены закономерности его распределения в зависимости от преобладающих в растительном покрове древесных пород и геоморфометрических показателей рельефа. По результатам анализа было выявлено незначительное превышение средних значений нормализованного вегетационного индекса на участках, покрытых лиственными породами древесной растительности, в сравнении с участками, покрытыми хвойной растительностью (табл. 1). Зависимость средних значений NDVI от геоморфометрических показателей обнаружена не была (табл. 2, табл. 3).

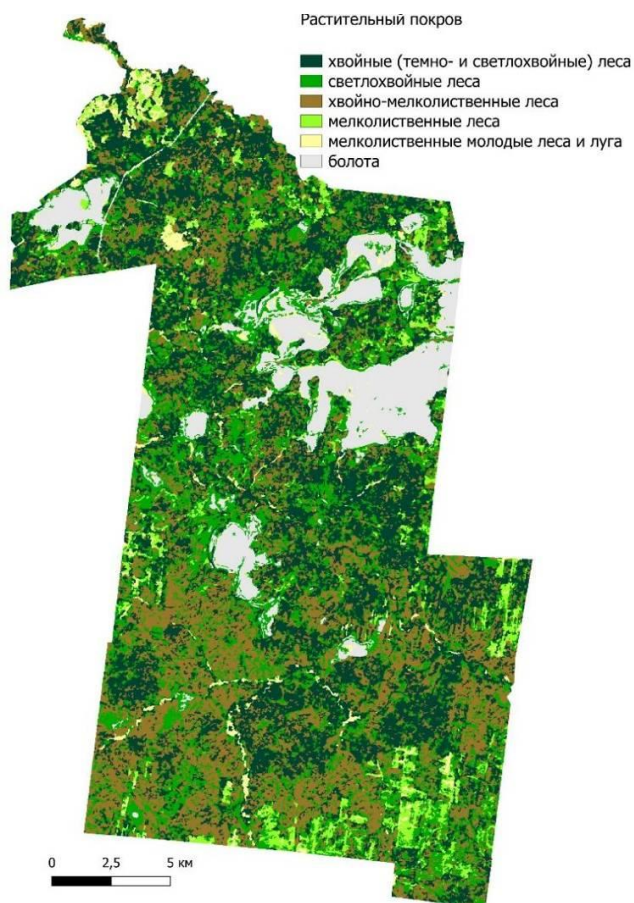


Рис. 1. Карта растительного покрова заказника «Былина»



Рис. 2. Карта NDVI лесопокрываемых территорий заказника «Былина»

Таблица 1

Средние значения NDVI для страт древесной растительности заказника «Былина»

№	Преобладающие древесные породы	NDVI
1	Темно- и светлохвойные	0,47
2	Светлохвойные	0,46
3	Хвойно-мелколиственные	0,46
4	Мелколиственные	0,53
5	Молодые мелколиственные	0,52

Таблица 2

Средние значения NDVI для склонов различной экспозиции

№	Экспозиция склонов	NDVI
1	Северная	0,45
2	Восточная	0,46
3	Южная	0,46
4	Западная	0,46

Таблица 3

Средние значения NDVI для страт древесной растительности заказника «Былина»

№	Индекс конвергенции	NDVI
1	от -1 до -0,5	0,46
2	от -0,5 до 0	0,46
3	от 0 до 0,5	0,46
4	от 0,5 до 1	0,46

Таким образом, данное исследование позволило изучить структуру растительного покрова территории государственного природного заказника «Былина», выявить закономерности распределения NDVI в зависимости от преобладающих древесных пород и морфометрических параметров рельефа. Показатель лесистости изученной ООПТ составляет 87,2%. Средние значения нормализованного вегетационного индекса участков, покрытых мелколиственными породами, лишь слегка превышают значения индекса на участках хвойной растительности. Ввиду небольших перепадов высот и относительно слабой расчлененности рельефа отсутствует значимая корреляция между вегетационным индексом и рельефом местности.

Библиографический список

1. Особо охраняемые природные территории Кировской области. Государственный природный заказник регионального значения «Былина»: буклет Департамента экологии и природопользования Кировской области. Киров: КОГБУ «Областной природоохранный центр», 2014. 16 с.
2. Гидрохимические условия формирования водно-болотных экосистем государственного природного заказника «Былина» / Т. И. Кутявина, И. А. Варган, Е. В. Шемякина, В. В. Тимина // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 103–109. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-103-109

3. Особенности литогенной основы и географии почв заказника «Былина» / А. М. Прокашев, И. А. Варган, И. А. Черезова, А. С. Матушкин, Н. Д. Охорзин, С. А. Пупышева, В. В. Масютин, А. Н. Винокуров, Г. С. Квакин, Е. О. Тайшина // Экология родного края: проблемы и пути решения : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров : ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 62–66.

4. Тарасова Е. М. Флора государственного природного заповедника «Былина». Киров, 2005. 222 с.

5. Опыт анализа послерубочного состояния фитоценозов заказника «Былина» / М. А. Кельдышев, А. Н. Винокуров, И. А. Варган, А. М. Прокашев // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : Вятский государственный университет, 2019. С. 288–293.

РАЗРАБОТКА ПЛАГИНА ДЛЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ОЗЕР В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ПРОГРАММЕ QGIS

М. А. Чернышева, Р. Р. Мингалиев

Казанский федеральный университет, maria.chernysheva99@mail.ru

В данной статье рассматриваются особенности разработки нового плагина для проведения морфометрического анализа и построения батиметрических схем водных объектов. В статье описываются возможности разработки собственных геомodelей в геоинформационной системе QGIS. Функционал нового плагина подробно рассмотрен на примере морфометрического анализа пойменного озера по данным батиметрической съемки.

Ключевые слова: ГИС-технологии, геомodelирование, QGIS, морфометрические характеристики, батиметрия.

Одной из широко распространенных геоинформационных систем является QGIS [1]. Данный программный комплекс обладает высокой популярностью и многочисленными возможностями: кроссплатформенность; поддержка практически всех векторных и растровых форматов и типов баз данных; масштабный ряд встроенных инструментов для создания, редактирования и анализа данных. Одним из главных преимуществ QGIS над другими информационными программами является его архитектура, поддерживаемая расширяемость на основе плагинов. QGIS имеет мощный интерфейс программирования, который позволяет расширить базовую функциональность программного обеспечения, а также писать скрипты для автоматизации заданий. QGIS поддерживает высокоуровневые языки программирования C++ и Python [2].

Большинство общедоступных плагинов для геоинформационной программы QGIS размещаются в официальном репозитории. Однако в ряде случаев возникает необходимость создавать собственные инструменты. При большом объеме обрабатываемых данных возникает задача оптимизации одних и тех же операций, выполняемых с разными объектами для получения определенного результата. Имея набор данных, можно зациклить в единую цепочку операции, автоматизировав их в одну кнопку. Для этого существуют

средства графического моделирования и консоль python в геоинформационной программе QGIS. Кроме того, для начинающих ГИС-специалистов, не знакомых с данным языком программирования, задача разработки собственных модулей и плагинов упрощена за счет средств графического моделирования. В качестве средства для разработки собственных геомodelей в QGIS используется инструмент «Graphical modeler» [3].

Редактор моделей позволяет создавать сложные модели с помощью простого и удобного в использовании интерфейса. Здесь выбираются составные элементы модели (исходные данные и необходимые алгоритмы), а также указывается взаимосвязь алгоритмов между собой.

Алгоритм объединяет ряд функций в единый процесс в виде цепочки операций в определенной последовательности, что позволяет проводить морфометрический анализ и построение батиметрических схем пакетно единым алгоритмом. Это значительно упрощает проведение гидрографического анализа при больших масштабах исследуемой территории.

На рисунке 1 представлена схема цепочки операций, последовательно соединенных в единый алгоритм для проведения морфометрического и батиметрического анализа водоема.

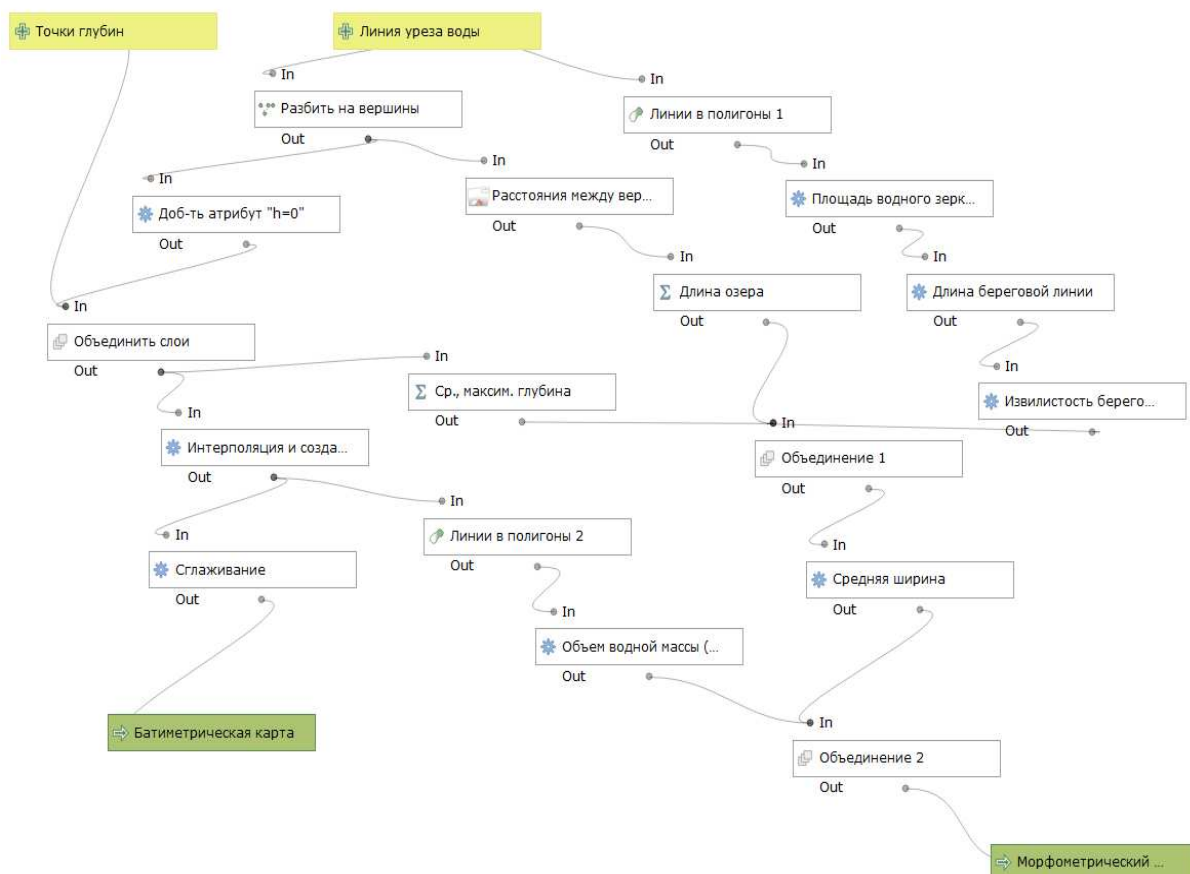


Рис. 1. Алгоритм операций плагина «Морфометрический анализ»

Для того, чтобы получить морфометрические характеристики и батиметрическую карту слоя, надо выбрать в окне плагина исходные данные.

В качестве исходных данных используется файл с данными батиметрической съемки и векторный слой (линейный) уреза воды. Как правило, данные батиметрической съемки представляются в виде таблиц с тремя колонками: X, Y, Z. На рисунке 2 представлено окно запуска плагина.

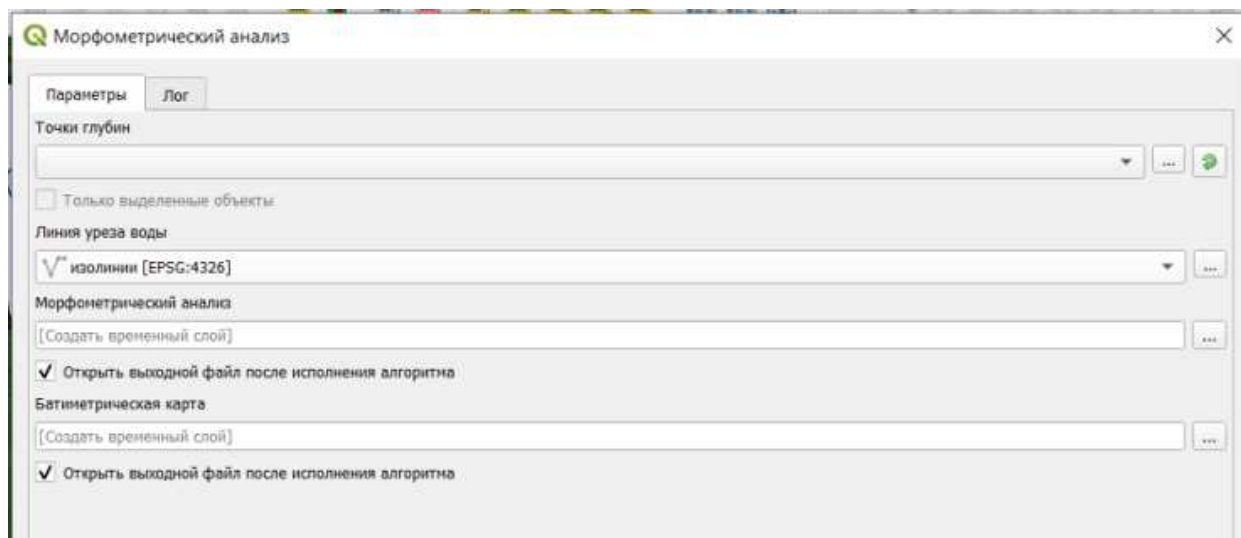


Рис. 2. Окно запуска плагина

После выбора исходных данных последовательно запускаются операции. Одновременно данная геомодель просчитывает несколько цепочек операций.

Первая цепочка операций ведет к созданию батиметрической схемы. Первым шагом происходит разбивка линии уреза на отдельные вершины и присвоения им атрибута со значением «глубина» равное нулю. Это продельвается для более детального построения нулевой изобаты и плавного перехода интерполированных значений в ноль. Далее полученный слой нулевых точек объединяется с исходным слоем точек глубин. Полученный объединенный слой точек интерполируется и посредством функций модуля “contour” создаются изолинии и контуры изолиний. В модель сразу запрограммированы атрибут и метод интерполяции. А также автоматический подбор минимальных, максимальных значений и количества линий, исходя из шага между изолиниями в 0,5 м. На выходе в качестве результата в проект добавляется батиметрическая карта с запрограммированной настройкой стиля.

Вторая цепочка операций начинается с преобразование линейного слоя уреза воды в полигональный. Далее средствами утилиты “калькулятор полей” создаются новые поля со значениями площади водного зеркала (S), длины береговой линии (L) и извилистости береговой линии (k).

Третья цепочка операций запускается после разбивки линии уреза воды на вершины, здесь средствами сетевого анализа определяются кратчайшие пути между вершинами нулевой изобаты. Далее средствами математической статистики отбирается максимальное значение, что и будет соответствовать значению длины озера (l). Из слоя точек глубин также средствами статистики отбирается максимальное (h_{max}) и среднее значение (h_{cp}) глубин озера. Полу-

ченные двумя шагами ранее данные объединяются в один слой и с помощью утилиты «калькулятор растров» рассчитывается значение средней ширины озера (B_{cp}), как частное площади водного зеркала озера на его длину.

Четвертая цепочка операций запускается после создания изолиний, которые используются в качестве исходных данных. Изолинии преобразуются в полигоны, а затем рассчитываются их площади. С помощью калькулятора полей задана формула для получения нового поля со значением объема водной массы в озере (V). Все рассчитанные морфометрические характеристики на данном этапе содержатся в разных слоях. Для вывода их единым слоем они объединяются.

Результаты работы разработанного плагина представлены на рисунке 3.

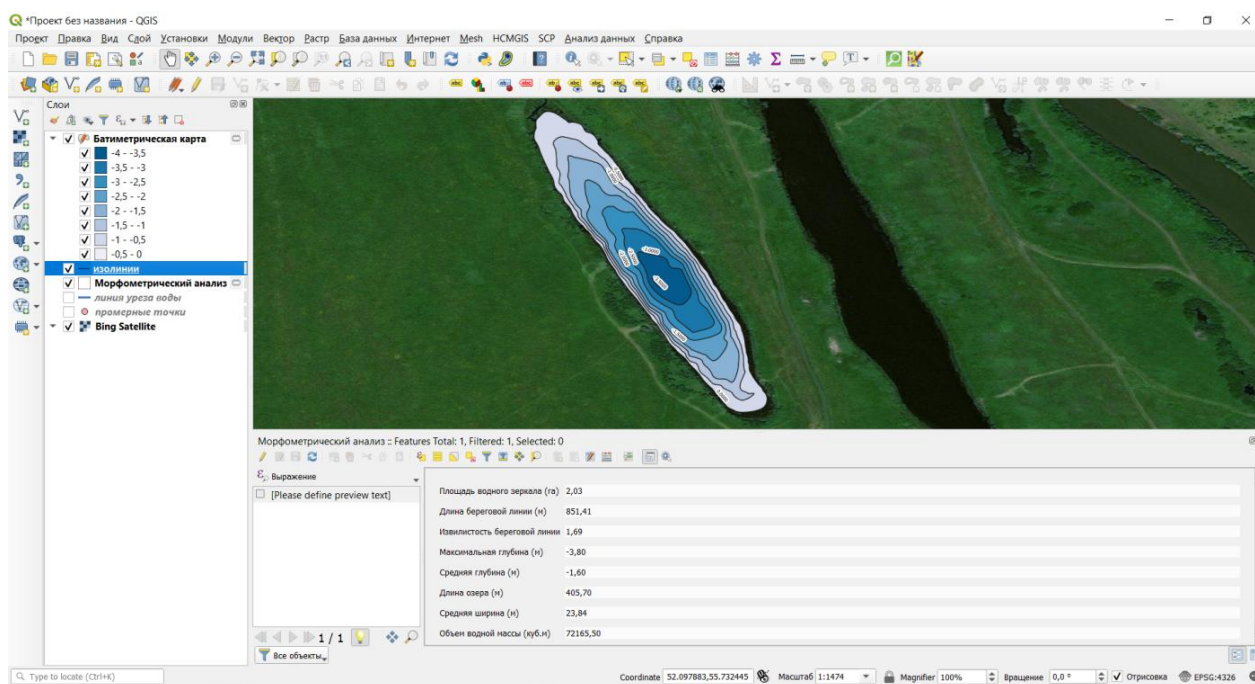


Рис. 3. Результаты морфометрического анализа

Таким образом, в рамках данного исследования разработана новая гео-модель для проведения морфометрического анализа и построения батиметрических карт водоемов. Модель является полностью завершенным и рабочим плагином геоинформационной системы QGIS. Работоспособность плагина проверена на примере анализа изученного пойменного озера. Для доказательства достоверности получаемых результатов они сопоставлялись с результатами, полученными в ходе классического гидрографического анализа по спутниковым снимкам и батиметрическими картам, построенным в программе Surfer.

Библиографический список

1. Дубровская С. А., Ряхов Р. В. Картографическое моделирование урболандшафтов степной зоны России с использованием нейронных сетей // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 1. С. 53–57. doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-053-057
2. Шокин Ю. И., Потапов В. П. ГИС сегодня: состояние, перспективы, решения // Вычислительные технологии. 2015. Т. 20, № 5. С. 175–213.

3. Мешков М. В., Евлакшин М. А., Васильев А. И. Разработка плагина геоинформационной системы QGIS для доступа к ресурсам веб-сервиса «Банк базовых продуктов» // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2022. Т. 9, № 3. С. 13–18.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ИЖЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Е. С. Вершинина

АУ «Управление Минприроды УР», umpr18@mail.ru

В статье представлен опыт проведения наблюдения за состоянием дна и берегов Ижевского водохранилища с применением беспилотных летательных аппаратов, результаты обработки данных аэрофотосъемки для прогнозирования площадей эвтрофикации водоема и сплавинообразования.

Ключевые слова: Ижевское водохранилище, эвтрофикация, сплавинообразование, беспилотные летательные аппараты, аэрофотосъемка.

Мониторинг дна и берегов водных объектов предполагает наблюдение за естественным природным и антропогенным влиянием на водоемы и их прибрежную территорию: составом, качеством и чистотой воды, русловыми процессами, скоростью течения, уровнем воды, рельефом дна, состоянием водной экосистемы, береговой эрозией, динамикой изменения и деформации береговой линии, подтоплением, заболачиванием берегов, изменением ландшафта и т. д. [1, 2].

Внедрение современных и комплексных решений по мониторингу водных объектов позволяет:

- своевременно получать точную, достоверную и полную информацию о состоянии водных объектов, о причинах возникновения неблагоприятных экологических ситуаций и иметь возможность прогнозировать их последствия;

- отслеживать уровень загрязнения и предотвращать риск превышения допустимых экологических норм;

- осуществлять наблюдение, обрабатывать, анализировать и хранить информацию о состоянии любых водных объектов, составлять на основе нее прогнозы, своевременно выявлять негативные тенденции, вырабатывать меры по охране экологии водоемов и контролю водопользования, качества водных ресурсов и обеспечению экологической безопасности, а также оценивать эффективность принятия этих мер.

На территории Удмуртской Республики подобный комплексный подход был реализован в рамках обследования Ижевского водохранилища с учетом Программы мониторинга экологического состояния Ижевского водохрани-

лица на реке Иж, утвержденной Постановлением Правительства Удмуртской Республики от 29.11.2021 № 596 «О территориальной системе наблюдения за состоянием окружающей среды на территории Удмуртской Республики» [3].

В качестве объекта мониторинга Ижевское водохранилище выбрано по следующим причинам:

- Ижевский пруд является одним из источников питьевого водоснабжения населения г. Ижевска;

- правый берег водохранилища является местом формирования так называемых «плавающих островов», которые в свою очередь могут стать причиной аварийных ситуаций на гидротехническом сооружении и как следствие вызвать подтопление территории.

Качество воды определялось в пяти точках, представленных на рисунке 1.

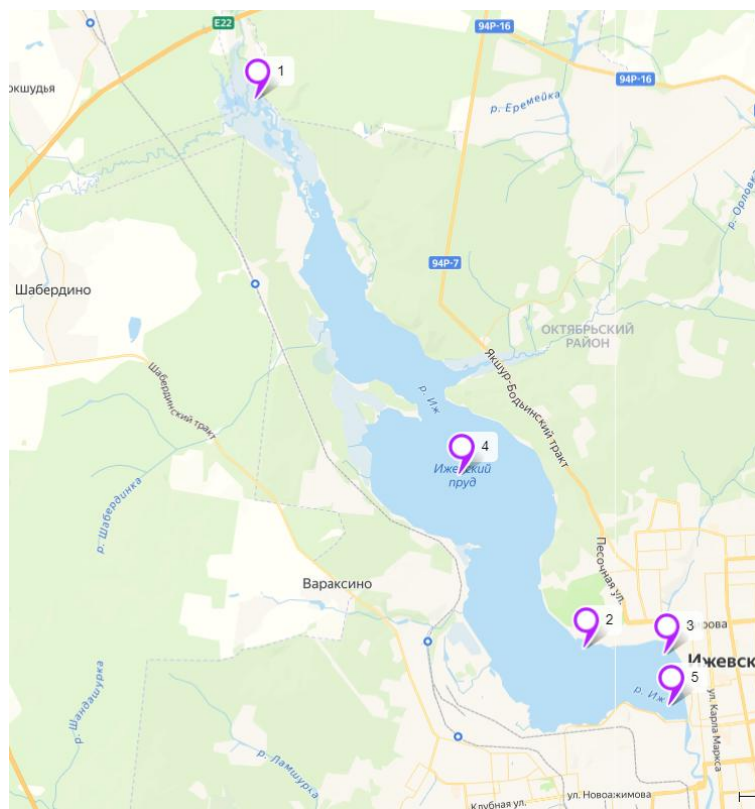


Рис. 1. Точки пробоотбора воды на Ижевском водохранилище

В таблице представлены периодичность и перечень контролируемых показателей.

По результатам анализов воды было установлено, что в течение всего периода исследований 2022 г. во всех 5 пунктах мониторинга состояния Ижевского водохранилища наблюдалось превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) для водоемов хозяйственно-питьевого назначения по таким показателям, как аммоний-ион, БПК₅, железо общее, марганец, медь, цинк.

**Точки, периодичность мониторинга экологического состояния
Ижевского водохранилища на р. Иж, перечень показателей**

№ п/п	Точка отбора	Наименование ЗВ (определяемый параметр)	Периодичность отбора проб
1	№ 1 (мост в мкр. Воложка)	аммоний – ион; АПАВ; БПК ₅ ; вещества взвешенные; железо общее; запах (балл); кадмий; кислород растворенный; марганец; медь; нефтепродукты; рН; прозрачность; свинец; сульфат-ион; температура; фосфат-ион; хлорид-ион; ХПК; хром общий; цинк никель	1 раз/квартал (февраль – май – август – ноябрь)
2	№ 2 (городской пляж)		
3	№ 3 (устье р. Подборенка)		
4	№ 4 (середина второй шири Ижевского водохранилища (напротив мыса Вараксина))		
5	№ 5 (приплотинный участок)		

Повышенное содержание весной марганца и общего железа (в точках № 2 и № 4 до 8 ПДК) в поверхностных слоях воды Ижевского пруда обусловлено поступлением их с водосбора в период снеготаяния и половодья, главным образом, через основные реки-притоки. Не менее важный путь их поступления в толщу водоема – высвобождение из донных отложений водохранилища и его притоков осенью в условиях дефицита кислорода. Наоборот, летом в условиях насыщения поверхностных слоев воды кислородом, выделяющимся в процессе фотосинтеза водных растений, а также поступающим в эти слои из атмосферы в процессе их волнового перемешивания, окисленные соединения железа и марганца осаждаются в придонные слои воды и донные отложения водоема.

В точке № 2 было также выявлено превышение содержания аммония (до 2,2 ПДК за весь период наблюдений). Превышение концентраций обусловлено биогенными соединениями, которые высвобождаются в толщу воды в результате минерализации органики, накопленной в донных отложениях, а также с площади водосбора с талыми и дождевыми водами и в составе организованных сбросов сточных вод коммунально-бытового и сельскохозяйственного происхождения.

Максимальные значения БПК₅ в 2022 г. зарегистрированы в августе. Пробы фито- и зоопланктона в текущем году не отбирались, поэтому подтвердить обнаруженную ранее связь не представляется возможным. Максимальные превышения в 2,3–5,2 раза отмечены в августе во всех пунктах наблюдений.

Превышения по меди и цинку обнаруживались во все периоды проведения мониторинга, но они нерегулярны как по кратности, так и по местам обнаружений. Отметим, что максимальное превышение по меди составило 2,7 ПДК и было зафиксировано в городском пляже (точка № 2) в феврале. В остальных точках превышения по меди составили 1,1–2,2 ПДК.

Превышения по цинку составили в 1,4–5,2 ПДК и выявлены во всех точках наблюдения в разное время.

Превышение по вышеперечисленным показателям были выявлены и при проведении исследований в 2010–2012 гг. специалистами ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет» при изучении причин и последствий эвтрофирования Ижевского водохранилища [4].

В целом экологическое состояние водохранилища оценивается как стабильно-неравновесное и требуют дополнительных мониторинговых исследований для разработки перечня эффективных природоохранных мероприятий.

Комплексный подход, реализованный в 2022 г. на Ижевском водохранилище, заключается не только в изучении качества воды, но и в использовании современных методов, таких как дешифрирование космических снимков и анализ аэрофотосъемки, полученной с помощью беспилотных летательных аппаратов.

Данные аэрофотосъемки в сочетании с натурным обследованием дают детализированную информацию о формировании «островов» и возможность прогнозировать дальнейшую динамику их образования.

Территория мониторинга для обследования образования сплавин на водохранилище условно поделена на три участка изучения (рис. 2).



Рис. 2. Схема расположения районов для изучения на предмет сплавинообразования

По результатам обследования участка 1 были установлены причины заболоченности и образования сплавин. В данном случае причиной является бифуркация реки, когда один поток продолжает течение на север, второй в южном направлении, образуя второе заболоченное устье р. Шабардейки. Вследствие повышенной обводнённости заболоченной территории создается

участок активного образования сплавин и является источником растительных конгломератов.

Согласно анализу данных дистанционного зондирования и данных аэрофотосъемки, в южной части обследуемого участка наблюдается формирование сплавины № 1 (рис. 3). С 2017 г. наблюдается тенденция к отрыву сплавины с северо-запада в юго-восточном направлении. На данном конгломерате с восточной стороны произрастает древесно-кустарниковая растительность, за счет которой может увеличиться «парусность» сплавины.

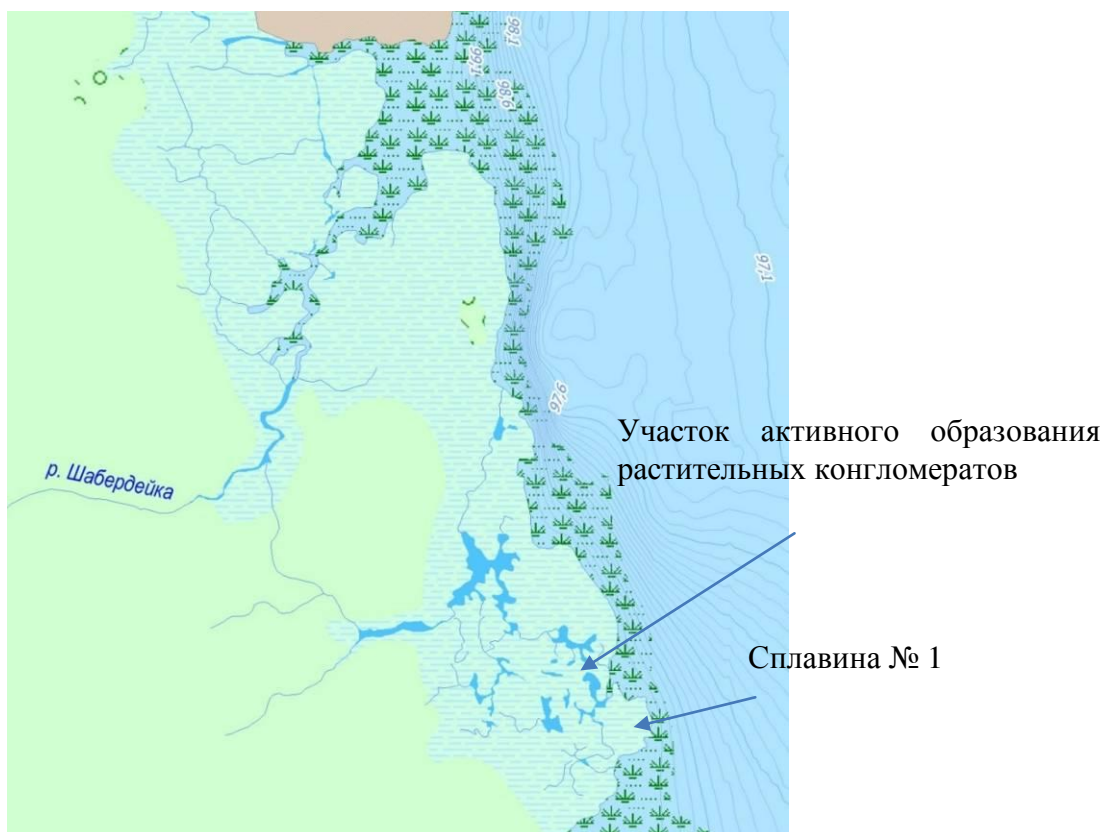


Рис. 3. Участок сплавинообразования

По аналогичному принципу были обследованы все условные участки правого берега Ижевского водохранилища.

В результате проведения работы проведен общий анализ особенностей водного режима рек, русловых процессов, выполнен анализ морфологического строения водоохранных зон и их типизация; выявлены участки активного взаимодействия процессов руслоформирования и инженерных сооружений; проанализированы данные дистанционного зондирования на исследуемых участках рек; проведены рекогносцировочные работы, подготовлены выводы и рекомендации в числе которых:

- проведение мелиоративных работ по расчистке акватории на обследуемых участках;
- ежегодное сезонное удаление высшей водной растительности в акватории с учетом разработанной программы работ (включая выкашивание высшей водной растительности) с обоснованием участков и сроков выполнения;

- проведение работ по рыбохозяйственной мелиорации Ижевского водохранилища путем его зарыбления растительноядными видами рыб;
- продолжение работ по мониторингу на предмет образования сплавин с целью предупреждения негативных последствий образования и отрыва сплавин;
- разработка программного обеспечения либо информационной модели формирования сплавин и площади зарастания для увеличения достоверности прогноза неблагоприятных явлений [5].

Библиографический список

1. Приказ Минприроды РФ от 08.10.2014 г. № 432 «Об утверждении Методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водохранных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей [Электронный ресурс]. – URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minprirody-Rossii-ot-08.10.2014-N-432/> (дата обращения: 20.03.2023).
2. Кутявина Т. И., Ашихмина Т. Я. Современное состояние и проблемы мониторинга поверхностных водных объектов России (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 13–21. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-013-021
3. Постановлением Правительства Удмуртской Республики от 29.11.2021 г. № 596 «О территориальной системе наблюдения за состоянием окружающей среды на территории Удмуртской Республики» [Электронный ресурс]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1800202111030009> (дата обращения: 20.03.2023).
4. Биологические и химические эффекты антропогенного эвтрофирования Ижевского водохранилища : монография / Б. Г. Котегов, Н. П. Аксенова, В. Ю. Захаров, Н. В. Холмогорова, К. К. Фефилова / под ред. Б. Г. Котегова. Ижевск : Изд-во Удмуртский университет, 2013. С. 15.
5. Болгов М. В., Арефьева Е. В., Завьялова Е. В. Вопросы моделирования и прогнозирования затопления городских территорий на основе использования специальных программных комплексов и данных дистанционных измерений метеорологических характеристик // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2020. № 3 (46). С. 19–29.

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕТАЛЬНОЙ СНЕГОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В г. УСТЬ-КУТ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

И. А. Матюхин, З. Л. Икрамов

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
matyhinia@geo.istu.edu*

В статье представлены результаты геоинформационной обработки данных детальной снегохимической съемки в г. Усть-Кут. На основании химического анализа построены картографические поверхности распределения концентраций тяжелых металлов и пыли. Создан картографический веб-ресурс, на котором с результатами исследования могут ознакомиться все желающие.

Ключевые слова: снегохимическая съемка, геоинформационная обработка, ГИС-технологии, загрязняющие вещества, ВЕБ-ГИС.

Географические информационные системы (ГИС) в настоящее время все больше и больше интегрируются в различные сферы человеческой жизни. ГИС-технологии обеспечивают сбор, хранение, анализ и графическую визуализацию различных пространственных данных [1].

В экологии геоинформационные технологии нашли применение благодаря возможности связывать различные типы данных между собой, а также обеспечивать их корректное отображение и публичное представление в Интернете.

ГИС-системы используются для создания карт основных параметров окружающей среды [2–4], анализируя которые можно выявить объекты – источники загрязнения, а также смоделировать влияние на основные элементы экосистемы.

Город Усть-Кут, в котором проводилась детальная снегохимическая съемка, расположен на северо-западе Иркутской области. Данное городское образование не имеет крупной промышленности, а также удалено от основных антропогенных объектов, которые смогли бы оказать на него существенное влияние. Однако, в настоящий момент, на территории г. Усть-Кут продолжается строительство иркутского завода полимеров – объекта 1 класса опасности [5], который, несомненно, должен стать объектом мониторинга. Для разработки научно обоснованной системы мониторинга необходимо изучить фоновое состояние окружающей среды до начала воздействия от объекта. Город Усть-Кут в геоэкологическом отношении изучен слабо.

В ходе выполненных работ было отобрано 175 проб снега, включая одну фоновую пробу, которая была отобрана на значительном удалении от объектов промышленности и энергетики, а также на расстоянии 1,5 км от жилых домов и дорог (рис. 1). Такое количество проб вызвано особенностью города Усть-Кут – вытянутость вдоль р. Лены. Сокращение количества проб привело бы к снижению уровня точности локализации аномалий.

В качестве метода интерполяции был выбран «Ordinary Kriging», который в условиях плотной сети отбора позволил получить наиболее корректные геостатистические поверхности распределения концентраций элементов.

Всего было построено 22 карты, среди которых 14 – на основании экспрессного РФА-анализа твердой фазы снега, полученного при пропускании снеговой воды через фильтры, а 8 – по результатам масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, выполненной аккредитованной лабораторией ИГХ СО РАН.

Схема пробоотбора

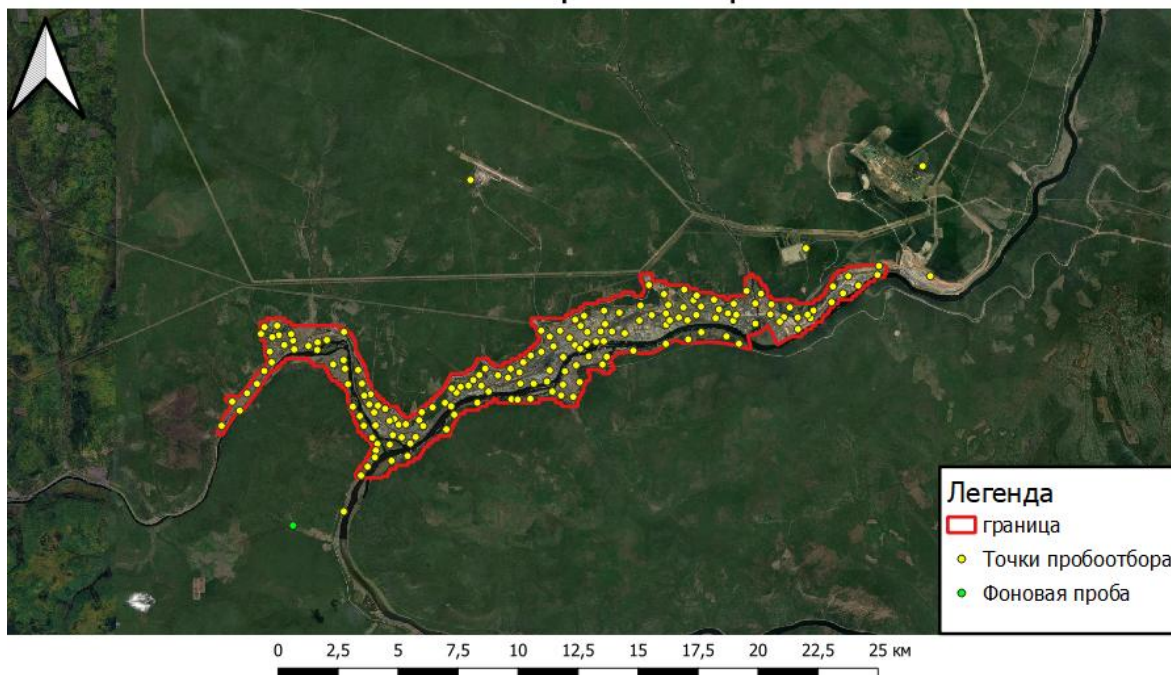


Рис. 1. Схема пробоотбора снега

Рассмотрим в качестве примера карту концентрации Cu (рис. 2).

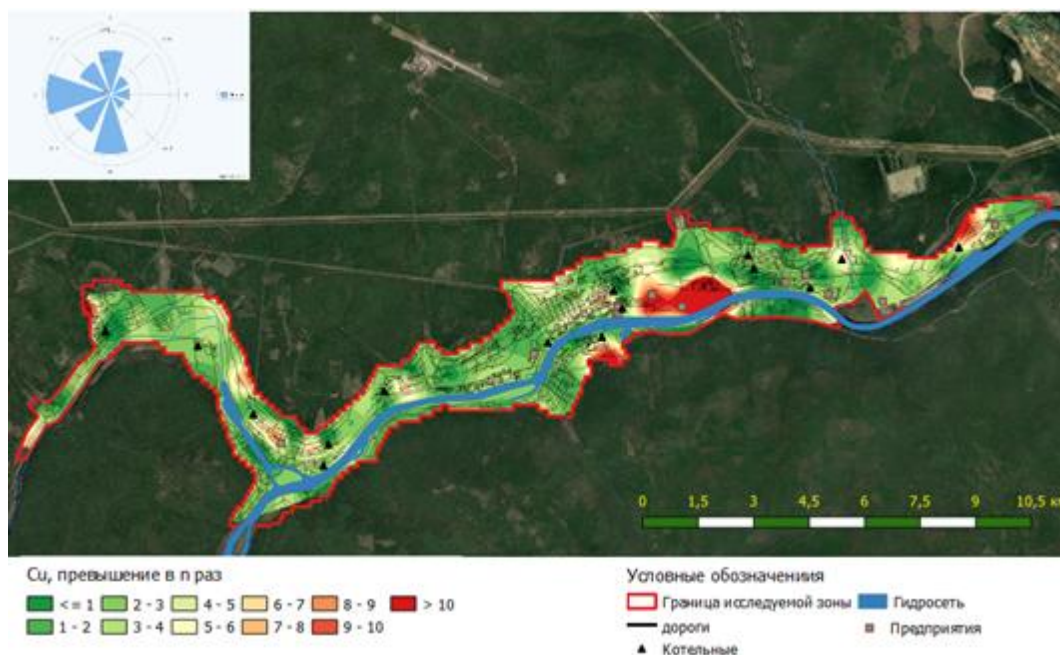


Рис. 2. Концентрация меди в снеговой воде

Превышение концентрации меди наблюдается в районе «Осетровского речного порта» и предприятия «РосКомСевер», которые не могут являться причиной данного загрязнения, поскольку как таковых выбросов не создают. На северо-востоке от них расположены 2 котельные, которые являются наиболее вероятными объектами – источниками, так как рассеивание продуктов горения в совокупности с розой ветров отвечают полученным картам. Однако, если проанализировать информацию об используемом топливе на

этих двух котельных, одна из них не может являться предполагаемым источником, так как работает на биотопливе («котельная от ИНК»), в то время как вторая котельная («Бирюсинка-2»), в качестве топлива использует уголь и иногда мазут.

В качестве второго примера рассмотрим карту концентрации Ni в твердой фазе снега, полученном после фильтрации снеговой воды (рис. 3).

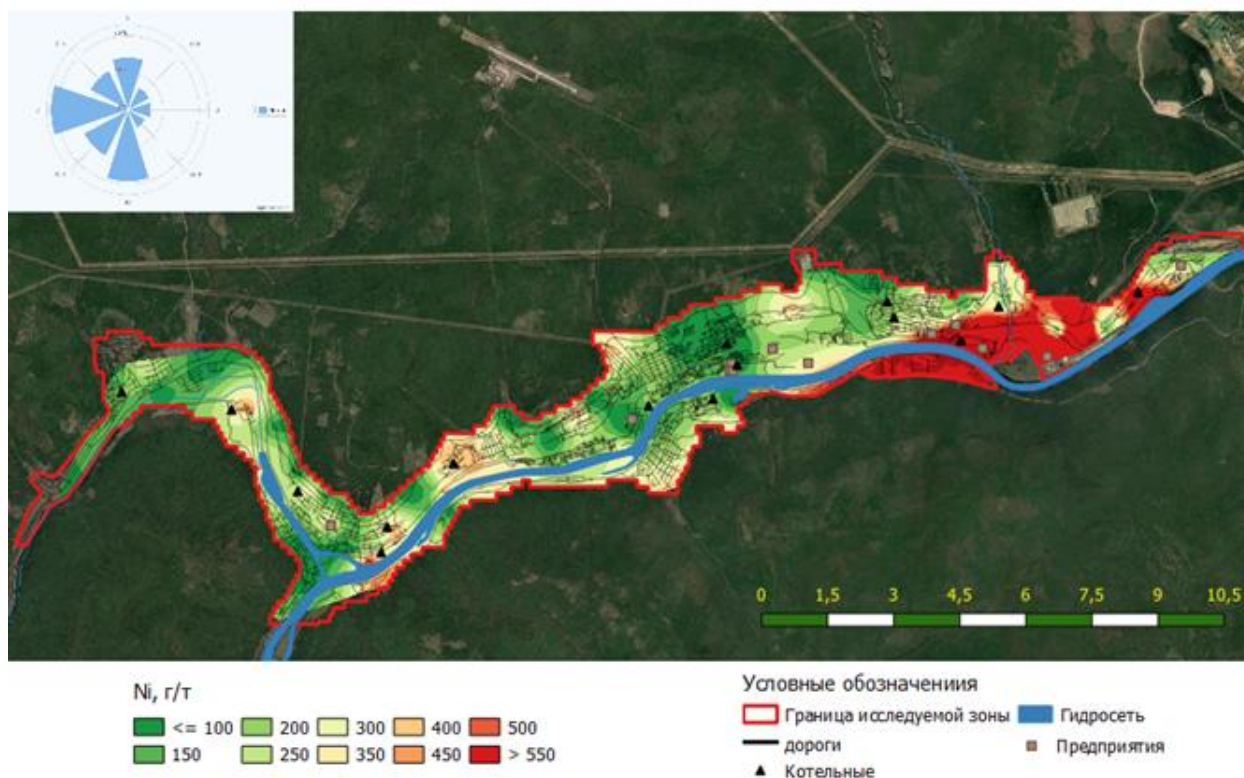


Рис. 2. Карта распределения концентрации никеля в твердой фазе снега

Аномальные концентрации Ni наблюдаются рядом с нефтебазой, а также на территории, прилегающей к ней. Вероятно, что источником Ni здесь является котельная, работающая на мазуте и расположенная непосредственно на данном объекте.

В результате проведенной снегохимической съемки, а также последующей геоинформационной обработки полученных данных, были выявлены значительные превышения концентраций относительно фоновых по 10 элементам. Использование ГИС-технологий позволило выявить основные ареолы распределения загрязняющих веществ, а также связать их с возможными объектами – источниками.

Результаты исследования представлены в сети Интернет [6], что позволяет ознакомиться с ними любым заинтересованным специалистам и жителям города.

Библиографический список

1. Шокин Ю. И., Потапов В. П. ГИС сегодня: состояние, перспективы, решения // Вычислительные технологии. 2015. Т. 20. № 5. С. 175–213.
2. Никитин А. И., Абрамов М. К. Использование системы ГИС в экологии // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2019. Т. 2. С. 563–564
3. 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.
4. Адамович Т. А., Ашихмина Т. Я. Аэрокосмические методы в системе геоэкологического мониторинга природно-техногенных территорий // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 15–24. doi: 10.25750/1995-4301-2017-3-015-024
5. Оценка состояния качества атмосферного воздуха города Усть-Кут Иркутской области на основании снегохимической съемки / В. В. Трусова, О. Л. Качор, А. В. Паршин, И. А. Матюхин, З. Л. Икрамов // Технологии переработки отходов с получением новой продукции : материалы IV Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием. Киров : Вятский государственный университет, 2022. С. 218–221.
6. Карта [Электронный ресурс]. – URL: <https://clck.ru/33snfc> (дата обращения: 20.03.2023).

СЕКЦИЯ 2 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА И ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОГО МОНИТОРИНГА

С. Ф. Тютиков

*Институт геохимии и аналитической химии
имени В. И. Вернадского Российской академии наук,
tyutikov-sergey@rambler.ru*

Рассмотрены проблемы биогеохимической составляющей при переходе к риск-ориентированному подходу при мониторинге сельскохозяйственной продукции Россельхознадзором. Выявлены недостатки и преимущества. Внесены предложения по оптимизации подхода, направленные на экологическую безопасность и сохранение плодородия почв.

Ключевые слова: биогеохимия, экологическая безопасность, тяжёлые металлы, хлорорганические пестициды.

На современном этапе развития концепции оценки и управления рисками особую актуальность приобретает её использование для оптимизации мониторинговых работ, в том числе осуществляемых Россельхознадзором. Главными приоритетами любой государственной системы контроля качества пищевых продуктов являются: обеспечение населения экологически безопасной сельскохозяйственной продукцией, а также создание для отечественных и иностранных поставщиков условий прозрачности и доступности внутреннего рынка. В этом аспекте деятельность отечественного Россельхознадзора ничем не отличается от работы подобных ведомств в других странах.

Современный этап развития агропромышленного комплекса и рынка его продукции в Российской Федерации характеризуется наличием взаимосвязанных проблем экологического и экономического характера. Несколько лет назад в ФГБУ «Всероссийский государственный научный контрольный институт» закончена большая работа по созданию научно обоснованной отечественной системы менеджмент-контроля качества продовольствия и кормов, подобная тем зарубежным аналогам, которые в русской транслитерации принято именовать ХАССП'ом (Евросоюз), КОШРУТ'ом (Израиль) и ХА-ЛЯЛ'ем (Арабский мир). Её рабочее название – «риск-ориентированный подход при пищевом мониторинге» [1].

Целями заявлены: обеспечение безопасности пищевых продуктов; минимизация рисков; повышение уровня выявляемости нарушений стандартов качества при пищевом мониторинге.

Для их достижения предполагается решить следующие задачи: разработка моделей риск-ориентированного государственного мониторинга; мониторинг эффективности контрольно-надзорных мероприятий; разработка профилей рисков по видам продукции; оценка риска импорта; оценка лабораторной деятельности; оценка деятельности Территориальных Управлений. Рассмотрим некоторые дискуссионные моменты предложенного подхода.

Так, в плане проведения мониторинга, направленного на выявление кишечных инфекций, предусмотрено сокращение числа образцов мяса, рыбы и молока в течение всего года. Это не вполне обоснованно. В тёплый период года в крупных городах нашей страны и в сельской местности периодически возникают вспышки кишечных инфекций. На наш взгляд, более целесообразно в летний период проводить контрольно-надзорные мероприятия с прежней интенсивностью. В холодные сезоны года возможна экономия на количестве проводимых исследований.

Стойкие хлорорганические пестициды (ХОП) проявляют сезонную тенденцию к усилению своего экотоксичного воздействия в связи с трансгрессией грунтовых вод. Вследствие этого, субпродукты (печень) крупного и мелкого рогатого скота, полученные в весенний период сразу после выпаса на заливных лугах могут быть загрязнены этими опасными ксенобиотиками. Сэкономить можно, проведя мониторинг околопочечного жира (наиболее аккумулятивная ткань) у старых (более 4 лет) животных. При отсутствии повышенных уровней пестицидов у этой группы животных можно с уверенностью констатировать благополучную ситуацию в регионе. А вот сократить финансовые траты при мониторинге рыбы и прочих морепродуктов по тяжёлым металлам и радионуклидам вряд ли получится. Научно-исторические факты о болезни залива Миномата и последствиях аварий на Чернобыльской АЭС и японской Фукусиме общеизвестны.

В предлагаемом методе оценки рисков проигнорирована возможность поступления в организм человека стойких хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов в результате потребления продуктов питания, полученных от диких животных. Традиционным считается высокий уровень присутствия в их организме не только тяжёлых металлов и диоксинов, но также полихлорированных бифенилов и пестицидов (хлор- и фосфорорганических) [2]. Исходя из вышеизложенного, правомерно обозначить предложения по совершенствованию риск-ориентированного подхода при пищевом мониторинге.

Предложение первое:

Постепенный переход от МДУ загрязнителей в пищевых продуктах и кормах к интегральной оценке их опасности по совокупности показателей. Необходимо учитывать синергические и антагонистические связи отдельных химических элементов и веществ на организм животных и человека, а также

эколого-биогеохимическую ситуацию в том регионе, где оценка опасности проводится. Например, в зоне Нечерноземья повышенные уровни селена в рыбе – благоприятны, а в аридных условиях Юга – нежелательны. Повышенное содержание ртути в морепродуктах наиболее опасно в Приморье, а в условиях богатого селеном Черноземья оно относительно безопасно.

Предложение второе:

Для некоторых опасных пестицидов (ДДТ, линдана и гептахлора, например) существуют запатентованные методики предубойной внутриорганной детоксикации [3]. Они сравнительно дешевы и достаточно эффективны (табл. 1). Является целесообразным снижение затрат на мониторинг по этим показателям при проверке продукции предприятий, применяющих подобные методики.

Таблица 1

Схема скармливания стойких ХОП и аминокислот крысам

Группа животных	Добавки				
	мг на 1 л воды		мг на 1 кг комбикорма		
	метионин	фенилаланин	п,п'-ДДТ	линдан	гептахлор
I опытная	50	50	1	1	1
II опытная	–	–	1	1	1
III контрольная	–	–	–	–	–

Как видно из следующей таблицы 2, через месяц выпаивания воды с введёнными аминокислотами все три опасных пестицида содержались в следовых количествах не только в мышечной, но и в жировой тканях животных. Это позволяет целенаправленно проводить предубойную детоксикацию организма продуктивных животных для получения экологически безопасной мясной продукции.

Таблица 2

Результаты опыта по детоксикации ХОП в организме крыс

Группа животных/ показатель	Содержание пестицидов (мг/кг сырой ткани)					
	жировая ткань			мышечная ткань		
	линдан	эпоксид гептахлора ¹	п,п'-ДДТ	линдан	эпоксид гептахлора	п,п'-ДДТ
I	0,65± 0,25	3,47±0,53	7,67±0,54	0,033± 0,004	0,193±0,022	Следы п,п'-ДДД, п,п'-ДДЭ
II	1,73± 0,17	6,97±0,37	13,63±1,4 6	0,13± 0,017	0,300±0,048	Следы п,п'-ДДД, п,п'-ДДЭ ³
III	следы ²	следы	следы	следы	следы	следы
Коэф. раз-й (t _{2,1})	3,60	2,92	3,82	5,39	2,02	–
Достоверность (P)	≤ 0,02	≤ 0,05	≤ 0,02	≤ 0,01	≤ 0,05	–

Примечание: 1 – Эпоксид гептахлора – нормальный метаболит гептахлора в животных организмах; 2 – Содержание пестицида менее 0,02 мг/кг; 3 – п,п'-ДДД и п,п'-ДДЭ – естественные метаболиты п,п'-ДДТ.

Предложение третье:

С агроэкологической, ветеринарной (а значит, и медицинской) точек зрения, нехватка жизненно необходимого микроэлемента в почве, кормах для сельскохозяйственных животных и продуктах питания человека ничуть не лучше присутствия тяжёлого металла. Совершенно необходимо проводить оценку безопасности поднадзорной Россельхознадзору продукции по уровням жизненно важных микроэлементов. Нами уже более 15 лет назад разработан способ оценки микроэлементного статуса территорий. В случае кризисной ситуации нами предлагается комплекс мероприятий, направленных на коррекцию микроэлементного статуса агропедоценоза в зависимости от степени экологического неблагополучия [4].

При превышении уровней микроэлементов в скелетных мышцах выше максимально-допустимого уровня (МДУ) эксплуатацию данного агропедоценоза необходимо прекратить из-за несоответствия продукции санитарным нормам. Применительно к задачам пищевого мониторинга Россельхознадзора, реализация подобной продукции должна быть запрещена. При пониженном уровне рассчитывают коэффициент недостатка микроэлемента в мышечной ткани:

$$K = H_y / \Phi_c,$$

где K – коэффициент недостатка, H_y – нижний критический уровень элемента в мышечной ткани – в мг/кг сырой массы ткани, Φ_c – фактическое содержание элемента в мышечной ткани с. х. животных с обследуемого агропедоценоза (в мг/кг сырой массы ткани). В зависимости от величины K производится выбор агротехнических мероприятий, направленный на поддержание плодородия и оптимального уровня микроэлементов в почвах (табл. 3).

Таблица 3

Выбор мероприятий по коррекции микроэлементного статуса угодий

Тип агропедоценоза	Значение коэффициента недостатка			
	0,5 и менее	от 0,5 до 1,5	от 1,5 до 2,0	более 2,0
Пашня	Прекращение внесения минеральных удобрений; известкование почвы	Внесение органических удобрений	Внесение минеральных удобрений	Внесение специализированных микроудобрений
Сенокос	Засев многоукосными многолетниками	Умеренная эксплуатация	Внесение органических удобрений	Внесение минеральных удобрений
Пастбище	Введение режима сенокоса	Умеренная эксплуатация	Внесение органических удобрений	Внесение минеральных удобрений

Это, безусловно, не входит в компетенцию Россельхознадзора. В данном случае мы уже подходим непосредственно к технологиям органического земледелия, столь модным в настоящий момент времени, а на деле являющимися развитием исследований естественных производительных сил В. И. Вернадского.

Библиографический список

1. Отчёт о научно-исследовательской работе по теме: «Создание и внедрение риск-ориентированных подходов как полисистемного комплекса анализа рисков в деятельности Россельхознадзора» (заключительный) / Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор); ФГБУ «Всероссийский Государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (ВГНКИ)». М., 2016. 272 с.
2. Blus L. I. Organochlorine Pesticides // Handbook of Ecotoxicology / eds. D. J Hoffman., B. A. Rattner, G. A. Burton, J. Jr. Cairnce. N.Y. : Lewis Publishers, 2005. P. 314–329.
3. Тютиков С. Ф., Ермаков В. В. Патент РФ на изобретение № 2458524 (RU 2 458 524 C1 A23K 1/10) «Способ детоксикации хлорорганических пестицидов в организме животных». Дата публикации: 20.08.2012 г. Бюлл. № 23.
4. Тютиков С. Ф., Ермаков В. В., Проскурякова Л. В. Патент РФ на изобретение № 2280869 (RU 2 280 869 C1 G01N 33/50, 33/12) «Способ оценки микроэлементного статуса региона». Дата публикации: 27.07.2006 г. Бюлл. № 21.

СОЗДАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ДНА И БЕРЕГОВ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Т. Г. Злобина

АУ «Управление Минприроды УР», zlobinatata@gmail.com

В статье рассматривается опыт проведения наблюдений состояния дна и берегов водных объектов на территории Удмуртии, затрагиваются проблемы современного состояния методов наблюдений за водными объектами и предоставления отчетных материалов на основе проведенных работ. Рассмотрены основные предложения по созданию региональной программы мониторинга за водными объектами.

Ключевые слова: мониторинг дна и берегов, водные объекты, региональная программа мониторинга.

Проведение работ по мониторингу за состоянием водных объектов в рамках государственного задания АУ «Управление Минприроды УР» на территории Удмуртской Республики осуществляет с 2020 года.

Согласно методическим указаниям основой ведения государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохраных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей должна являться региональная программа ведения мониторинга, учитывающая региональные физико-географические условия Удмуртии, особенности водного режима рек, озер и водохранилищ, процессов руслоформирования в речных системах или деформаций ложа водоемов и региональные особенности ан-

тропогенной деятельности в пределах водных объектов, на их поймах и водосборах [1].

В Российской Федерации основными законодательными актами, регламентирующими проведение государственного мониторинга водных объектов, являются «Положение о ведении государственного мониторинга водных объектов» 1997 г. и пришедшее ему на смену «Положение ...» 2007 г. Именно в последнем документе впервые в состав наблюдений был введен гидроморфологический мониторинг, определены его цели и задачи, включающие наблюдения за состоянием берегов, дна водотоков и водоемов и их водоохранных зон [2, 3].

Однако в данном положении необходимость гидроморфологического мониторинга только декларировалась, его реальное проведение и пространственное распространение началось лишь после выхода «Методические указания по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохранных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей», утвержденных приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 08 октября 2014 г. № 432.

Мониторинг берегов, согласно приказа № 432, подразумевает анализ изменения состояния водного объекта на участках взаимодействия с различными видами хозяйственной деятельности, в первую очередь, в пределах населенных пунктов и на участках переходов транспортных и инженерных коммуникаций. В связи с невозможностью выполнения этих задач без инструментальных наблюдений, методические указания практически полностью были основаны на положениях отраслевых нормативных документов по учету русловых процессов на участках подводных переходов трубопроводов. Однако при всех несомненных достоинствах данные методические указания являются узкоспециализированными и направленными на решение конкретных инженерно-технических задач без их адаптации к широкому спектру гидроэкологических проблем, связанных с эрозионно-аккумулятивными процессами на обследуемых территориях [4].

Но, именно на вышеупомянутые методики обычно опираются разработчики и исполнители мониторинга водных объектов при обосновании сети пунктов наблюдений за состоянием дна и берегов в пределах водоохранных зон. И пункты наблюдения за водными объектами приурочены к инженерно-техническим объектам в пределах населенных пунктов.

Более целесообразно все же использовать интегральную оценку природно-антропогенной напряженности в пределах населенных пунктов, основанную на суммировании баллов по целому ряду критериев, характеризующих интенсивность и направленность русловых деформаций, степень проявления прочих экзогенных процессов в пределах водоохранных зон, уровень их хозяйственного освоения, вероятность активизации или снижения интенсивности русловых деформаций в пределах населенных пунктов.

Кроме того, существующие методические указания по реализации мониторинга состояния дна и берегов, основанные на нормативных документах для трубопроводов, не позволяют обеспечивать требуемую в современных условиях потребность в оперативном и точном прогнозировании русловых процессов.

Развитие и увеличение доступности технологий дистанционного зондирования Земли и аэрофотосъемки позволяют производить первичную оценку русловых деформаций в больших масштабах и с большим временным охватом, экстраполируя данные точечных наблюдений на протяженные участки рек, в пределах которых проявляется опасность русловых процессов. Таким образом, становится актуальным внедрение в состав региональной программы по мониторингу берегов использования аэрокосмической съемки как обязательного метода для обследования участков. Средства аэрокосмической разведки – основные средства, позволяющие контролировать всю необходимую территорию, выявлять проблемные участки и следить за развитием в них процессов [5].

Так же из-за сложности однозначной трактовки методических указаний требования к выполнению мониторинга берегов чрезвычайно разнообразны и варьируют от точечных инженерно-геодезических съемок локальных эрозийных участков до выполнения полноценных научных исследований на бассейновом или региональном уровнях, включающих гидролого-морфологический анализ русловых процессов, ретроспективные и прогнозные оценки русловых переформирований. Региональная программа мониторинга дна и берегов водных объектов должна включать более ясные методические указания по проведению наблюдений и слежения за водными объектами.

В 2014 г. запущена Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов, которая содержит информацию о проведении мониторинга водных объектов. Информация в ней содержится в табличной форме по каждому из видов мониторинговых наблюдений. Информация о состоянии дна и берегов заносится в соответствующую форму и включает описание объекта мониторинга (название, тип, код водного объекта и принадлежность к водохозяйственному участку), его местоположение и результаты наблюдений во временном отрезке. Но данные таблицы содержат краткую информацию, которая не передает весь объем сведений о проведенных работах по мониторингу. Например, при внесении данных о мониторинге в готовые формы, исполнитель выбирает вид наблюдений – визуальный, инструментальный или комбинированный. Подобное описание выбора метода в таблице не предоставляет возможности отразить реальные методы обследования водных объектов в полном объеме, которые дают больший и достоверный объем информации. Похожая ситуация наблюдается и по другим видам гидроморфологического мониторинга [6].

В результате можно сделать вывод о необходимости создания методических указаний в рамках региональной программы мониторинга дна и берегов

водных объектов, ориентированных на получение полного объема информации по проведению мониторинга в части наблюдений за состоянием дна, берегов и изменениями морфометрических особенностей водных объектов.

При этом, несмотря на прикладное предназначение, получаемые данные должны быть доступны в том числе для научного анализа и выявления пространственно временных и гидролого-морфологических закономерностей динамики берегов рек и других водоемов суши.

Региональная программа мониторинга состояния дна и берегов водных объектов Удмуртской Республики должна включать следующие составляющие для обеспечения полного «видения» состояния участков мониторинга:

- обязательное внедрение передовых технологий дистанционного мониторинга с использованием аэрофотосъемки и космической съемки, широкое использование инструментальных методов выполнения мониторинга;

- проведение мониторинга на основе геоинформационных систем, включающих участки на территории Удмуртии с нанесением собранных материалов при повторном проведении мониторинга, что позволит более точно и с меньшими трудозатратами сопоставлять полученные результаты гидрографических и топографических работ;

- программа должна сопровождаться созданием региональных обобщенных карт, а также методиками оценки опасности и их обновлением на основании вновь получаемых данных по результатам мониторинга;

- организация открытого ресурса для экспертного обсуждения текущей ситуации мониторинга водных объектов и возможностей ее улучшения не только внутри ведомства, но и для более широкого круга специалистов.

Библиографический список

1. Приказ Минприроды РФ от 08.10.2014 № 432 «Об утверждении методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водохранных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей».

2. Постановление Правительства РФ от 10 апреля 2007 г. № 219 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов».

3. Постановление Правительства РФ от 9 августа 2013 г. № 681 «О государственном экологическом мониторинге (государственном мониторинге окружающей среды) и государственном фонде данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)».

4. Школьный Д. И., Завадский А. С. Мониторинг берегов рек в рамках государственного мониторинга водных объектов: современное состояние и перспективы развития // Водное хозяйство России. 2021. № 12. С. 22–39. doi: 10.35567/1999-4508-2021-2-2

5. Маркин В. Н., Шабанов В. В. Некоторые вопросы организации мониторинга водных объектов в современных условиях // Природообустройство. 2012. № 3. С. 70–77.

6. Приказ от 7 мая 2008 года № 111 «Об утверждении форм и порядка представления данных мониторинга, полученных участниками ведения государственного мониторинга водных объектов».

ВЛИЯНИЕ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА ВОДОХРАНИЛИЩ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*А. Т. Горшкова, Р. А. Рыков, О. Н. Урбанова, Н. В. Бортникова,
Д. А. Семанов, В. П. Горбунова*

*Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан, rykov97@gmail.com*

В статье приводятся данные многолетних исследований трансформации условий формирования поверхностного стока водосборной площади Республики Татарстан, обусловленной техногенным воздействием Волжско-Камского каскада водохранилищ. Водоохранилища заняли часть пойменных угодий Русской равнины, создали нагрузку на тектоническую структуру, обусловив перераспределение поверхностного и подземного стока, исчезновение и возникновение водных объектов, и изменение их водного режима. Также одним из факторов преобразования водных объектов является чрезмерная степень урбанизации, проявляющаяся в застройке их прибрежных территорий и водосборных площадей.

Ключевые слова: Куйбышевское водохранилище, Нижнекамское водохранилище, Волга, Кама.

При рассмотрении вопросов влияния каскада водохранилищ следует исходить из факта оправданного преобладания социально-экономических интересов над экологическими, что предопределено самим периодом экономико-географического этапа развития цивилизации Земли. Поскольку электроэнергия является первоочередной движущей силой развития территорий и необходима для обеспечения жизнедеятельности населения и бесперебойного функционирования всех видов промышленного производства, то допущенный дисбаланс конфликта интересов был обоснован прорывом научно-технического прогресса, и связан с возросшей необходимостью выработки гарантированного количества электроэнергии посредством создания новых ГЭС. Новая энергия оказалась вдвое ниже по себестоимости по сравнению с вырабатываемой до этого тепловыми электростанциями. К тому же гидроагрегаты ГЭС допускали работу на любых заданных мощностях в диапазоне минутного ускорения турбин, что обеспечивает исключительную маневренность режима работы с покрытием пиковых нагрузок. К тому же за счет водохранилищ решают вопросы транзита пассажирских и транспортных судов, водоснабжения населённых пунктов, ирригации, рекреации и рыболовства. При проектировании водохранилищ рассчитывались все риски воздействия на естественную природу, минимизировалось влияние на экологический каркас, закладывалась компенсация на восстановление временно нарушенных

экосистем, предусматривались меры по предотвращению негативного воздействия вод.

Режим регулирования стока рек Волги и Камы определяется сводом правил эксплуатации водохранилищ в первоочередных целях обеспечения работы девяти функционирующих в нормальном режиме Иваньковского, Угличского, Рыбинского, Горьковского, Куйбышевского, Саратовского, Волгоградского на Волге, Камского и Воткинского на Каме гидроузлов, и двух временного режима – Чебоксарского на Волге и Нижнекамского на Каме, что необходимо для обеспечения бесперебойного снабжения электроэнергией предприятий и населения Волжского бассейна [1]. Диспетчерские графики режима работы водохранилищ периодически корректируются в зависимости от изменений факторов окружающей среды, а вопросы снижения уровня производятся только по согласованному решению Межведомственной оперативной группы, собираемой Федеральным агентством водных ресурсов (Росводресурсы).

При создании каскада водохранилищ пришлось пожертвовать частью пойменных земельных угодий Русской равнины, в том числе влагоёмкими пастбищами, к тому времени уже в большинстве своём потерявшими функциональное назначение, что связано, в частности, с коренными изменениями режима разведения и содержания скота, а также некоторыми малыми притоками Волги, озёрами и даже населёнными пунктами, оказавшимися в границах подтопления. Оставшиеся нетронутыми города и другие населённые пункты были предусмотрительно оснащены инженерными защитными сооружениями, цепью дренажных отводных каналов и дамб, возведённых выше форсированного уровня подъёма вод.

Следует признать, что одним из наиболее сильных антропогенных воздействий, повлиявшим на преобразование географической оболочки Земли, стало создание водохранилищ. Прогибы земной оболочки под напором водного столба новых нехарактерных для естественного рельефа акваторий спровоцировали неотектонические процессы, простирающиеся вплоть до астеносферы, спровоцировали проявление наведённой сейсмичности, переформирование поверхностного и подземного стоков. Морфодинамические процессы, фиксируемые с подстилающей поверхности, такие как ускоренная трансформация гидрографической сети – исчезновение одних водных объектов и появление других, являются лишь подтверждением перестройки морфолитогенной платформы под рельефом вновь образованных крупных бассейнов.

84% территории Республики Татарстан оказались преобразованными в новые водосборы с обновлённым режимом формирования стока воды. В частности, бассейн Куйбышевского водохранилища занимает сегодня 56% от общей площади республики, Нижнекамского – 21%, и несколько расширивший свои естественные границы за счёт создания Заинского и Карабашского водохранилищ бассейн Степного Зая – ещё 7% [2].

Незарегулированными остались лишь 16% территории, однако воздействие искусственного подпора вод обладает 3D-эффектом, распространяясь в трёхмерном измерении с увеличением периметра воздействия к основанию, и, надо заметить, чем глубже воздействие, тем оно менее предсказуемо, поскольку мониторинг состояния тектонических структур первого, второго порядка намного сложнее поверхностно-ландшафтного. Прогиб земной оболочки, вызванный давлением нехарактерного для природной местности столба воды, уплотняет пористость литосферы и других мягких влагоёмких наполнителей оболочки Земли, усиливая по периферийному направлению порово-трещинное давление, в результате чего следует передислокация грунтовых вод сначала по мере заполнения водной массы по всему ложу водохранилища. Изменения гидрологической сети затронули все близко расположенные к Куйбышевскому водохранилищу объекты – притоки первого порядка и пойменные водоёмы. Впоследствии процесс периферийного воздействия приобрёл центробежный характер, диффузно проникая во всё более удалённые от акватории водохранилища пространства гораздо выше отметки нормального подпорного уровня 53 м БС, показав, что воздействие стало пролонгированным не только во времени, но и в пространстве.

Но процесс не ограничивается одним только механическим воздействием. Причинами техногенных толчков могут быть неустойчивая гидродинамическая конвекция трещинных вод или изменение полей термоупругих напряжений. Характер сжатия зависит от характеристик подстилающих пород. Когда подрусловые слои наполняются водой, они по закону сообщающихся сосудов поднимают грунтовые воды по периметру водохранилища и в пределах всего бассейна. При этом грунтовый сток меняет направление, идёт вспять; пропадают реки и озёра, которые он ранее питал, а выжатые в другие дислокации воды начинают поступать в другие углубления рельефа местности и способствовать образованию новых водотоков. Так, за время существования водохранилища в бассейне Казанки, например, образовалось более 128 новых притоков мелких, в основном 5-го порядка, на фоне пересыхания 60 коренных. И этот процесс характерен для всех без исключения речных бассейнов прямых притоков водохранилища [3].

Таким образом, на территории Республики Татарстан почти две тысячи озёр исчезли сразу в связи с затоплением водами Куйбышевского водохранилища. В первое же десятилетие функционирования Куйбышевского водохранилища с территории нового бассейна исчезло 1681 (из 9754) водораздельных озера, что явилось первым зафиксированным проявлением крупномасштабного антропогенного воздействия. С 2006 по 2018 гг. исчезло ещё 1452 озера. По последним данным гидрографического мониторинга сегодня на территории Республики Татарстан существует 6621 озеро [4].

Другим мощным фактором воздействия на водосборы рек и озёр является прогрессирующее освоение территориального пространства с применением новых, опережающих темпы природной саморегуляции технологий, в частности способов сглаживания ландшафтов при подготовке к строитель-

ству. Берега озёр, крупных рек и, особенно, водохранилищ в последнее время интенсивно застраиваются, поскольку все люди хотят жить у воды. В результате прогрессивно возрастают гражданские и ведомственные запросы на производство оценки экологического состояния, определения статуса и перспектив существования многих внутригородских водоёмов. Опасения людей относительно исчезновения водоёмов, водосбор которых застроен многоэтажными новостройками, небезосновательны, поскольку мелкие водоёмы, попавшие в градостроительные границы, подвержены трансформации и деградации в гораздо большей степени, чем периферийные районные природные водные объекты, по причине сложного и агрессивного концентрированного техногенного воздействия среды обитания человека. Агрессивность городской среды обусловлена прямым техногенным превосходящим нормы терпимости природных ландшафтов воздействием. Несмотря на имеющиеся знания, опыт и понимание того, что необходимо гармонично вписываться в естественную структуру экологического каркаса, человек продолжает создавать и расширять среду своего обитания без учета планирования деятельности и прогнозирования последствий. Сегодня хозяйственная степень преобразования природных ландшафтов по всем водосборам прогрессивно возрастает и проводится без учёта принципов ландшафтного планирования, с нарушениями непрерывности трансект структуры экологического каркаса, руководствуясь исключительно интересами социума. Кроме того, все градостроительные работы приводят к ускоренным во времени процессам денудации ландшафтов, изменению направленности и интенсивности рельефообразующих процессов, приводящих к эрозионно-опасным явлениям. Образующиеся после выравнивания рельефа и засыпки овражно-балочной сети техногенные морфолитосистемы состоят из двух основных горизонтов – нижнего рыхлого искусственно насыпного водопроницаемого и верхнего асфальтово-бетонного водонепроницаемого. Такая структура априори неустойчива, так как стремится вернуться в изначальное состояние. За счёт активизирующихся суффозионных процессов овражно-балочная система вызывает обрушения поверхностных покрытий. Изменяется и структура водосборных бассейнов, условия формирования водности, диффузного сноса твёрдого стока, аккумуляции загрязнений. Процесс приводит к деградации, в первую очередь, внутригородских аквальных комплексов, дистрофии экологических систем, нарушению структуры экологического каркаса, а, следовательно, к дисбалансу обмена веществ, энергии и информации в окружающем пространстве. Результатом возрастающей антропогенной нагрузки является фиксируемое снижение качества вод, проявляющееся в усугублении санитарно-гигиенической обстановки, ухудшении органолептических показателей воды, интенсификации «цветения» воды, а также в росте превышений предельно-допустимых концентраций поллютантов – веществ или соединений, которые находятся в природных объектах в количествах, превышающих фоновые значения и ксенобиотиков – нехарактерных для естественной среды в основном синтезированных человеком химических веществ.

Таким образом, за последние 64 года, то есть с момента образования Куйбышевского водохранилища, с территории Республики Татарстан исчезло 3133 озера. Но при этом надо признать, что образуются и новые реки и озёра в тех местах рельефа, где грунтовые воды находят новые выходы на подстилающую поверхность, а увеличившиеся до 60 раз расходы воды основных речных дрен, таких как Казанка, Степной Зай, Шешма позволяют сделать вывод о сохраняющемся водном балансе, то есть количество водных ресурсов остаётся неизменным, несмотря на их передислокацию по территории.

Следует отметить, что научные и контролирующие органы работают в направлениях корректирования экологической ситуации, благодаря чему конфликт социально-экономических и природных интересов периодически выравнивается.

Библиографический список

1. Приказ Минприроды РФ от 24.08.2010 № 330 «Об утверждении типовых правил использования водохранилищ».
2. Горшкова А. Т. Влияние водохранилищ на формирование поверхностного и подземного стока территории Республики Татарстан // Производственно-технический и научно-практический журнал: Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2019. № 4. С. 64–67.
3. Горшкова А. Т., Урбанова О. Н., Горбунова Ю. В. О некоторых причинах изменения характера формирования речного стока на территории Республики Татарстан в XXI веке // Сборник трудов IX Международного Конгресса «Чистая вода. Казань». 19–21 сентября 2018 г. Казань: ООО «Новое знание», 2018. С. 96–99.
4. Изменения условий и характера формирования речного стока на территории Республики Татарстан в XXI в. / А. Т. Горшкова, О. Н. Урбанова, Н. В. Бортникова, А. Р. Валетдинов // Вопросы географии. 2018. № 145. С. 219–232.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРУДОВ НА ВОДОСБОРАХ МАЛЫХ РЕК ТУКАЕВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

***Н. В. Бортникова, О. Н. Урбанова, Р. А. Рыков, А. Т. Горшкова,
Д. А. Семанов, В. П. Горбунова***
*Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан, rykov97@gmail.com*

В статье представлена краткая история и охарактеризованы основные причины создания прудов на территории Республики Татарстан, приведена их динамика численности со второй половины XIX века по настоящее время. С помощью программного обеспечения Google Earth Pro проведен учет современного прудового хозяйства водосборных бассейнов малых рек Тукаевского муниципального района Республики Татарстан, являющихся левыми притоками р. Кама и Нижнекамского водохранилища. В границах исследуемых водосборных площадей выявлено 148 прудов, суммарной площадью водного зеркала 341,7 га.

Ключевые слова: малые реки, пруды, распределение прудов по территории.

Природно-климатические условия Республики Татарстан (РТ) таковы, что каждый пятый год является в той или иной степени засушливым, и водных ресурсов рек в летний межень период бывает недостаточно для обеспечения потребностей в них. Возникающий дефицит восполняют более 1350 прудов, существующих в настоящее время на территории РТ. Объем задержанной воды в прудах, покрывающих около 0,12% территории республики, составляет примерно 5% стока рек половодья данного региона среднего по водности года. Влияние прудов на гидрологический режим рек, на которых они созданы, обусловлено тем, что они, являясь крупными резервуарами, накапливают и перераспределяют речную воду во времени и пространстве.

В российском законодательстве прудами считаются искусственные водоёмы площадью не более 1 км² [1]. Цель создания прудов состоит, прежде всего, в резервировании определенного объема речной воды для использования ее в различных хозяйственных целях. В сельской местности запасы воды в прудах используются в мелиоративных, агропромышленных, хозяйственно-бытовых, рекреационных, санитарных и противопожарных целях. В городских населенных пунктах пруды являются зонами отдыха, местами рыбной ловли и проведения различных спортивных мероприятий.

Площадь водного зеркала и глубина прудов сильно варьируют в зависимости от времени года. Количество создаваемых прудов непостоянно, на него влияют как природные, так и антропогенные факторы, главным из которых является потребность в водных ресурсах.

Начало строительства прудов в пределах Татарии относится ко второй половине XIX века, когда вода, накопленная в прудах, обеспечивала работу большого количества мельниц (так называемые мельничные пруды). В связи с широкомасштабной электрификацией, проводившейся в стране в начале XX века, почти все мельничные пруды были заброшены, плотины разрушены, водоемы спущены, и число мельничных прудов сократилось с 800 до 500. Среди них только 233 водоема, преобразованные в мини-водохранилища, продолжали обеспечивать работу малых сельских ГЭС, а к 1958 г. в республике осталось только 175 мельниц и 39 сельских ГЭС. При этом создано большое количество новых прудов с целью полива, водоснабжения, птицеводства и рыбоводства. В результате, в середине XX века в Татарстане насчитывалось 1950 прудов площадью водного зеркала 5130 га, объемом около 90 млн м³ [2]. Сведения о прудах, впрочем, как и сами пруды, построенные в этот период, практически не сохранились.

Во второй половине XX века началось массовое строительство прудов в связи с созданием крупных животноводческих комплексов, поливных культурных пастбищ и сенокосов. Пруды создавались на балках, оврагах и реках с целью регулирования местного водного стока. Наиболее целесообразным считалось строительство относительно небольших прудов, для чего выбира-

лись участки рек с высокими, но не обвальными берегами или склонами речной долины, по возможности узкими и глубокими, на непригодных для сельского хозяйства землях [3]. Были построены капитальные пруды по разработанным инженерным проектам, список которых утверждался Комитетом по водному хозяйству. По данным инвентаризации прудов РТ 2001–2003 гг. плотины более половины из построенных прудов уже находились в эксплуатации 17–22 года, а ещё у 35% водоёмов – свыше 20 лет. Спад гидротехнического строительства и мелиоративного использования прудов привел к тому, что в настоящий момент около 90% водоемов не эксплуатируются по первоначальному целевому назначению.

В последние годы появилась возможность определения современного количества существующих прудов с помощью космических снимков ПО Google Earth Pro, являющейся «мгновенной» фотографией местности. Необходимость такого мониторинга прудового хозяйства вызвана тем, что по инициативе различных юридических и физических лиц создается большое количество мелких неучтенных водоемов, приводящих к преобразованию гидрографической сети территорий. Такие пруды, создаваемые хозяйственным способом на реках с малыми значениями меженных расходов, порой удерживают весь речной сток. Река ниже таких прудов пересыхает, и часто земли населенных пунктов, располагающихся ниже по течению, остаются без воды.

В ходе проведенной инвентаризации сделан анализ современного распределения прудов по территории РТ в разрезе физико-географических и муниципальных районов (м. р). Привести подробную информацию по всем прудам РТ в рамках данной статьи не представляется возможным из-за ее большого объема. Поэтому было принято решение отразить количество и распределение прудов в разрезе бассейнов шести малых рек Тукаевского м. р. РТ, натурное обследование которых было сделано летом 2022 г. Это левые притоки р. Кама, расположенные в северной части физико-географического района Восточного Закамья. Две реки (Бетьки и Биклянь) являются непосредственными притоками Камы, а четыре реки впадают в Нижнекамское водохранилище (Шукралинка, Шильна, Игат и Тиргауш). Водосборы рек расположены в возвышенном районе типичной и южной лесостепной ландшафтной подзоны. Административно бассейны рек занимают более 50% территории Тукаевского м. р. (всю его северную часть), а водосбор р. Тиргауш является еще и частью Мензелинского м. р. Рельеф данного региона представляет собой умеренно расчлененную денудационную равнину северных отрогов Бугульминской возвышенности. В пределах долины р. Кама сформировалась очень слабо расчлененная аккумулятивная равнина, осложненная комплексом структурных аллювиальных террас.

В бассейнах обследованных рек по состоянию на 2022 г. выявлено 148 прудов, суммарной площадью водного зеркала 341,7 га. Наиболее распространенным типом водоподпорных сооружений, широко используемых в гидромелиоративном и водохозяйственном строительстве, являются плотины из различных грунтовых материалов (мелкозернистых, крупнозернистых и

крупнообломочных грунтов). Они имеют простую конструкцию и надежны в эксплуатации. На обследованных реках возведены, в основном, плотины из мелкозернистых грунтов. Построены они как по разработанным проектам, так и хозяйственным способом (возведение запруды путем перегораживания русла реки). Обычно это насыпные плотины, возводимые отсыпкой грунтов с последующим механическим уплотнением. Пруды, построенные таким образом, представляют собой довольно мелкие водоемы, глубиной не более 3–5 м. Среди рассматриваемых водоёмов отмечены две разновидности – русловые пруды и пруды-копани, которые по сути своей являются прудами-отстойниками и располагаются в специально выкопанном углублении на поверхности земли. Пруд-копань внешне полностью автономен, но это не исключает его косвенную гидравлическую связь с другими поверхностными водоемами через подземные воды. Законодательство Российской Федерации не содержит запрета на организацию прудов-копаней на участках земель сельскохозяйственного назначения. Копаные пруды бывают различной формы (квадратные, прямоугольные, овальные, круглые), с разной крутизной откосов и глубиной не менее 1,5–2,0 м. Среди 148 современных прудов, выявленных в бассейнах малых рек Тукаевского м. р. – 8 прудов-копаней. Более 60% общего количества прудов имеют площадь водного зеркала менее 1,0 га (табл.).

Таблица

**Распределение прудов в бассейнах малых рек
Тукаевского муниципального района Республики Татарстан (2022 г.)**

Бассейн реки	Длина реки, км	Площадь водосбора реки, км ²	Количество прудов, шт.		Суммарная площадь водного зеркала прудов, га	В том числе пруды площадью менее 1 га		Коэффициент густоты распределения прудов
			всего	в т. ч. копани		кол-во	общая площадь, га	
Тиргауш	21,2	118,7	16	1	8,5	15	7,5	7,4
Игат	12,9	46,7	9	–	9,3	4	1,3	5,1
Шильна	47,3	334,7	47	3	156,7	26	7,6	7,1
Шукралинка	37,6	359,6	62	4	152,0	34	13,0	5,8
Биклянь	13,7	60,9	14	–	15,2	10	5,4	4,4
Бетьки	12,7	21,9	–	–	–	–	–	–
Итого		920,6	148	8	341,7	89	34,8	6,2

Наименьшее количество прудов построено в бассейне р. Игат (9 прудов) с соответствующей суммарной площадью 9,3 га. Почти половина этого количества – малые водоёмы с площадью водного зеркала 0,24–0,50 га. Самые крупные пруды в бассейне построены непосредственно на р. Игат в верхнем течении (2,44 и 1,47 га). Наибольшее число прудов создано в бассейне р. Шукралинка. Здесь построено 62 пруда суммарной площадью 152,0 га, среди которых почти половина имеет площадь 0,21–0,93 га. В бассейне р. Шукралинка построены и 4 крупных пруда, с площадью водного зеркала в 12,5–13,4 га и 19,9–20,8 га.

Несмотря на то, что в бассейне р. Шильна всего 47 прудов, что на 15 водоёмов меньше, чем в бассейне р. Шукралинка, их суммарные площади водного зеркала почти равны (156,7 и 152,0 га соответственно). Более половины водоёмов бассейна р. Шильна имеют площадь 0,01–0,68 га. Здесь же построен и самый большой пруд данного региона – площадью 27,11 га.

Водные ресурсы р. Тиргауш используются для хозяйственно-бытовых целей. В бассейне реки построено 16 прудов, из которых 14 расположены в Тукаевском м. р. Почти все пруды относятся к категории малых водоемов. Площадь их водного зеркала составляет менее 1 га.

Сток р. Биклянь, равно как и ее наиболее крупного притока (р. Камышлау), зарегулирован. В бассейне реки построено 14 прудов, суммарной площадью водного зеркала 15,2 га. Основная масса прудов (10 прудов) имеет небольшие площади водного зеркала (0,15–0,95 га) и сосредоточены в районе с. Биклянь. Непосредственно на самой р. Биклянь построено 4 пруда (площадью 4,4 га), а на притоке Камышлау – 6 прудов (8,9 га), среди которых самый крупный водоём бассейна занимает площадь 5,45 га.

Сток р. Бетьки не зарегулирован.

Среди существующих прудов двенадцать построены по инженерным проектам. Их суммарная площадь водного зеркала составляет 108,8 га. Такие пруды построены на р. Тиргауш (1 пруд площадью 5,2 га), Шильна (2 пруда площадью 26,5 га), Шукралинка (8 прудов площадью 71,1 га), Биклянь (1 пруд площадью 6 га).

В размещении прудов по бассейнам рек отмечена неравномерность. Она отражена условным расчетным показателем, названным коэффициентом густоты распределения водоемов по территории (отношение площади водосбора к суммарному числу всех водоемов на площади), отражающим величину площади территории, на которую приходится 1 водоем. В бассейнах рек Тиргауш и Шильна 1 пруд приходится на 7,1–7,4 га площади водосбора, а в бассейнах рек Игат и Шукралинка – на 5,1–5,8 га. Наиболее плотно размещены пруды в бассейне р. Биклянь – 1 пруд приходится на 4,4 га.

Таким образом, на водосборах шести рек Тукаевского м. р. площадью 920,6 га создано 148 прудов, занимающих 341,7 га. Из общего количества 60% водоемов (89 прудов) – это малые водоемы площадью менее 1 га. Согласно коэффициенту густоты распределения водоемов по территории в среднем на каждые 6,2 га площади пяти зарегулированных рек приходится по 1 пруду.

Библиографический список

1. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А. М. Прохоров. М. : Сов. энцикл.; СПб. : Фонд «Ленингр. Галерея», 1993. 1628 с.
2. Петров Г. Н., Сафиуллин Р. А. О паспортизации прудов и других сооружений на малых реках Среднего Поволжья // Малые водоемы равнинных областей СССР и их использование. М., Л. : АН СССР. 1961. С. 11–14.

3. Петров Г. Н. Водные ресурсы Татарской АССР и их использование для орошения кормовых культур // Животноводству – прочную кормовую базу : материалы республиканской научно-производственной конференции по кормопроизводству. Казань : Татарское книжное изд-во, 1972. 167 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДЫ РЕКИ УВА В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

А. П. Корепанова, А. Н. Журавлева, А. Р. Поздеева

*Удмуртский государственный университет,
ak0453743@gmail.com, zhuravleva_anastasija@mail.ru , sashynya7777@mail.ru*

В статье представлены результаты исследования реки Ува. Представлены карта с расположением участков отбора проб, протяжённость исследуемого участка, результаты количественного химического анализа воды. Выполнено сравнительное описание некоторых из полученных при исследовании показателей (ионы аммония, биохимическое потребление кислорода (БПК₅), взвешенные вещества).

Ключевые слова: река, гидрохимический мониторинг, экологическое состояние, качество воды, поверхностные воды.

Речная сеть Удмуртской Республики густая (0,48 км/км²) и занимает третье место по густоте в Приволжском федеральном округе после Пермского края и Кировской области. Общее количество рек в Удмуртии оставляет около 8,93 тыс., общая протяженность которых около 20,35 тыс. км. Русла рек отличаются малыми уклонами и незначительными скоростями, для средних и крупных рек характерна большая интенсивность руслового процесса.

С 1936 г. в России начаты обширные систематические наблюдения за химическим составом вод суши на сети станций Гидрометслужбы, статус мониторинговых исследований они приобрели лишь в 60–70-е гг. XX в. В это же время стала формироваться государственная сеть гидрохимического мониторинга на реках Удмуртской Республики. В зависимости от целей гидрохимического мониторинга поверхностных вод, выполняемые Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды наблюдения подразделяются на режимные, оперативные, фоновые и специальные. Режимные наблюдения позволяют отслеживать локальные изменения качества воды, которые могут быть вызваны сбросами загрязняющих веществ антропогенного происхождения и дают основную информацию о качестве поверхностных вод. На территории Удмуртской Республики гидрохимические створы для проведения режимных наблюдений расположены на реках Лоза, Иж, Позимь, Сива, Кама, Чепца, Адамка и на Нижнекамском водохранилище. Кроме этого, в рамках государственного экологического контроля и мониторинга окружающей среды в течение ряда лет проводился мониторинг поверхностных водных объектов в СЗЗ и ЗЗМ объекта УХО г. Камбарка, включая

наблюдательные пункты на реках Кама, Камбарка, Буй, Иванов ключ [1]. Необходимо отметить, что, несмотря на большое количество пунктов наблюдений за поверхностными водами на территории Удмуртии, до сих пор отсутствуют створы наблюдений на западных реках региона. Одной из таких речных систем, нуждающихся в постоянных наблюдениях за качеством воды, является р. Вала, водосбор и русло которой характеризуются высокой антропогенной нагрузкой [2].

Исследования качества воды проводились в 2022 г. на р. Ува, на участке протяженностью 66 км, между населенными пунктами п. Ува и с. Вавож. Река Ува – правый приток р. Вала. Длина реки 112 км. Средний уклон 1,4 м/км. Верховья реки очень извилисты, глубина варьирует от 0,2 до 0,6 м, ширина – от 1,3 до 6,6 м. Берега покрыты смешанным и хвойным лесами, местами заболочены. В среднем течении река имеет ширину от 6 до 12 м, глубину – от 0,4 до 1,5 м. Берега, как и в верховьях, покрыты смешанными и хвойными лесами. Основными видами антропогенной нагрузки на реку являются загрязнение бытовыми канализационными стоками в районе п. Ува, а также поллютанты сельскохозяйственного происхождения. Отбор проб воды проводили согласно ГОСТ Р 59024-2020, карта-схема расположения участков отбора проб воды представлена на рисунке 1.

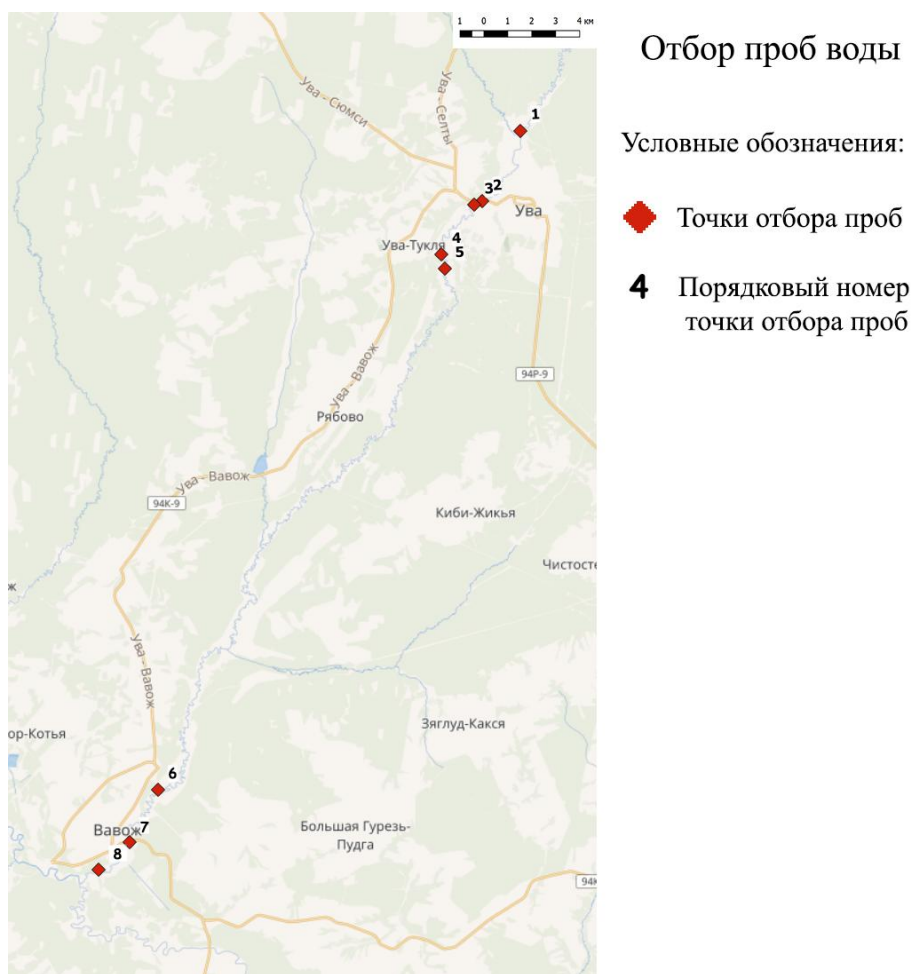


Рис. 1. Карта-схема расположения участков отбора проб воды

На каждом участке отбора проб воды были зафиксированы географические координаты с использованием GPS навигатора или специализированного приложения к смартфону SW Maps. С помощью приложения пользователь может создать собственный проект, в котором прописывается структура проекта. В каждом слое можно настроить вид значка для отображения, стиль линии или полигона, добавить любое количество атрибутивной информации (текст, список, число, прикрепление фото, аудио к конкретной точке). Возможен экспорт-импорт собранной информации в такие программы как Google Earth, SAS Planet, Global Mapper, QGIS и др.

В дальнейшем данные координаты были использованы для построения карты участков пробоотбора с использованием программы Quantum GIS.

Используя возможности сайта Mapswater.com. было измерено расстояние по реке между всеми участками пробоотбора. На рисунке 2 показан пример изменения расстояния между участками 1 и 8.



Рис. 2. Измерение расстояния между участками пробоотбора 1 и 8

Протяженность р. Ува от 1-го участка отбора до 8-го составляет 66 км. Расстояние между 1 и 2 участками отбора проб составило 3,8 км, между 2 и 3 – 0,7 км, 3 и 4 – 3,7 км, 4 и 5 – 1,1 км, 5 и 6 – 50,1 км, 6 и 7 – 4,2 км, 7 и 8 – 2,4 км.

Участок отбора проб воды № 1 был фоновым для всего изучаемого участка р. Ува, он располагался выше по течению п. Ува. Участок № 6 располагался выше по течению от с. Вавож и его можно считать фоновым для участков отбора проб, расположенных ниже по течению реки. Оценка состояния воды в р. Ува проводилась по следующим показателям: содержание

ионов аммония (мг/дм^3), биохимическое потребление кислорода (БПК_5), $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$; содержание взвешенных веществ (мг/дм^3).

В природных водах источником образования ионов аммония служат продукты разложения и жизнедеятельности различных организмов. Однако большая часть ионов аммония попадает в воду со стоками животноводческих ферм, сельскохозяйственных полей, промышленных предприятий. Высокая плотность содержания аммония может быть в водоёмах, находящихся вблизи от коммунальных очистных сооружений, канализации и выгребных ям. Превышение нормы содержания аммония и аммиака могут придавать воде очень неприятный запах и привкус. А длительное употребление такой воды приводит к нарушению кислотно-щелочного баланса в организме. Ионы аммония защелачивают плазму крови, что может привести к гипоксии клеток. Отёк тканей, тошнота, тремор, приступы удушья, спутанность сознания – это результаты воздействия на организм человека избытка аммония и аммиака в воде [3].

Предельно допустимая концентрация ионов аммония в воде составляет $0,5 \text{ мг/дм}^3$. Результаты количественного химического анализа отобранных проб воды показали, что максимальная концентрация ионов аммония отмечена на участках № 4 и № 5, превышение ПДК на этих участках составило 1,62 и 1,54 раза соответственно (рис. 3). Данные участки отбора расположены в границе п. Ува и ниже по течению от п. Ува. В связи с этим высокая концентрация может быть связана с влиянием промышленных предприятий или канализационных очистных сооружений. На участках №№ 1–3 и 6–8 содержание ионов аммония не превышает ПДК. Общей тенденцией для данного участка реки является увеличение содержания ионов аммония от участка № 1 до участка № 8, с достижением максимальных значений на участках № 4 и № 5. При этом концентрация на фоновом участке № 6 выше, чем фоновые значения на участке № 1 в 3 раза и приближается к уровню ПДК.

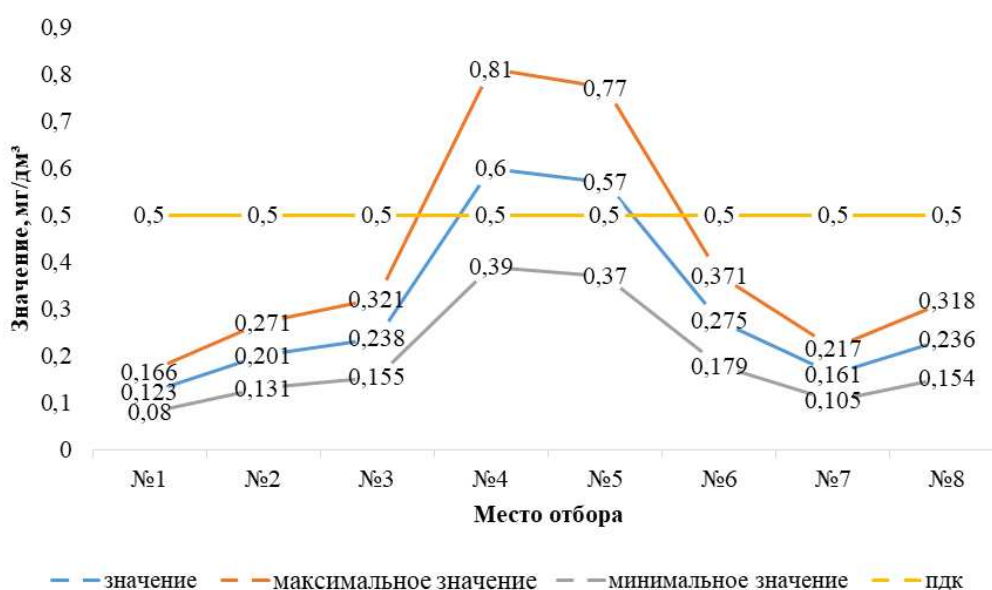


Рис. 3. Содержание ионов аммония в пробах воды из р. Ува

В природной воде водоемов всегда присутствуют органические вещества. Природными источниками органических веществ являются разрушающиеся останки организмов растительного и животного происхождения, как живших в воде, так и попавших в водоем с листвы, по воздуху, с берегов и т. п. Кроме природных существуют также техногенные источники поступления органических веществ: транспортные предприятия (нефтепродукты), целлюлозно-бумажные и лесоперерабатывающие комбинаты (лигнины), мясокомбинаты (белковые соединения), сельскохозяйственные и фекальные стоки и т. д. Органические загрязнения попадают в водоем со сточными водами и дождевыми поверхностными смывами с почвы. В процессе биохимического окисления органических веществ в воде происходит уменьшение концентрации растворенного кислорода, и эта убыль косвенно является мерой содержания в воде органических веществ. Показатель качества воды, характеризующий суммарное содержание в воде органических веществ, называется биохимическим потреблением кислорода (БПК).

Нормативное значение показателя БПК₅ составляет 2,1 мгО₂/дм³. Количественный анализ отобранных проб воды показал, что БПК₅ в воде на участках № 4 и № 5 превышает установленные нормативы, во всех остальных случаях превышения не отмечено. Также общей тенденцией изменения показателя БПК для изучаемого участка р. Ува является постепенное увеличение данного показателя к участкам отбора № 4 и № 5 и снижение к участку № 8. Минимальное значение показателя отмечается на участках отбора проб № 1 и № 8 (в 2 раза ниже ПДК), на фоновом участке № 6 значения близки к уровню норматива.

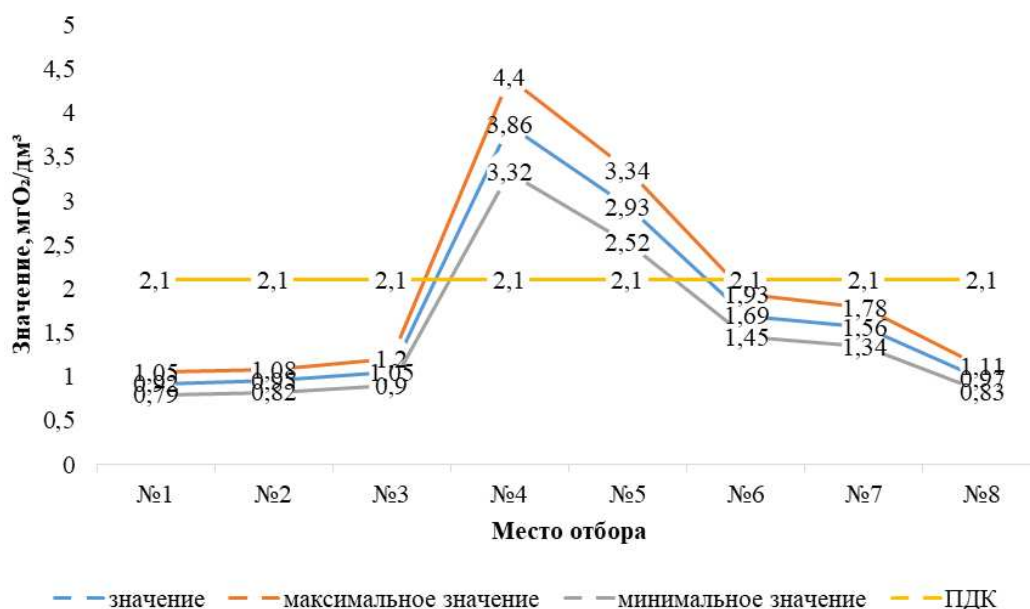


Рис. 4. Значение показателя БПК₅ в пробах воды из р. Ува

Концентрация взвешенных частиц связана с сезонными факторами и режимом стока, зависит от пород, слагающих русло, а также от антропогенных факторов, таких как сельское хозяйство, горные разработки и т. п. Взве-

шенные частицы могут приводить к авариям в системе водоснабжения, к увеличению мутности воды, влияют на скорость осадкообразования и теплообмен в котельных установках. Вода, в которой много взвешенных частиц, не подходит для использования по эстетическим и хозяйственно-бытовым соображениям. Главным отрицательным следствием высокой мутности является то, что она защищает микроорганизмы при ультрафиолетовом обеззараживании и стимулирует рост бактерий [4]. Взвешенные твердые примеси, присутствующие в природных водах, состоят из частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов [5]. Содержание взвешенных частиц во всех отобранных пробах воды превышало значение фона (участок № 1). Максимальное содержание взвешенных веществ отмечено на участках № 2 и № 4. Общей тенденцией для всех отобранных проб воды на всем изучаемом участке реки является увеличение содержания взвешенных частиц, с достижением максимума на участке № 4. Концентрация взвешенных веществ на участке № 6 более, чем в 15 раз выше, чем на участке № 1, на участке № 8 отмечено превышение в 5 раз содержания взвешенных веществ по отношению к фону (участок № 1).

Проведенные исследования показали, что на изучаемом участке р. Ува отмечаются значительные колебания значений показателей качества воды в реке, многие из них превышают установленные ПДК. Это может быть связано с деятельностью промышленных и сельскохозяйственных предприятий и организаций коммунально-бытового обслуживания. Концентрация загрязняющих веществ значительно снижается между участками пробоотбора № 5 и № 6, но не достигает фоновых значений, как на участке отбора проб № 1.

Библиографический список

1. Фризоргер Г. Г., Исаков В. Г., Абрамова А. А. Оценка состояния поверхностных вод в зоне защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия в г. Камбарка по результатам многолетнего государственного экологического контроля и мониторинга // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 1. С. 64–68. doi: 10.25750/1995-4301-2010-1-064-068
2. Гагарина О. В. Оценка режимной сети наблюдения за качеством поверхностных вод на территории Удмуртии // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2010. № 4. С. 165–169.
3. Содержание аммония в воде [Электронный ресурс]. – URL: <https://voda.kr-company.ru/analiz/issleduemye-pokazateli/ammonij/> (дата обращения: 24.03.2023).
4. Основные показатели воды [Электронный ресурс]. – URL: <https://vodanova.ru/osnovnye-pokazateli-vody/> (дата обращения: 24.03.2023).
5. Качалова Г. С., Казанцева Е. Ю. Химия воды : учебное пособие. Тюмень : ТИУ, 2019. 160 с.

ДОБЫЧА ВОДЫ И ОБРАЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В БЕЛАРУСИ

О. В. Ковалёва, А. Ф. Карпенко

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,
kaf51@list.ru*

В Беларуси за первый год реализации государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2021–2025 годы» было добыто 1425 млн м³ или на 97 млн м³ более, чем в 2020 году. В поверхностные водные объекты сброшено сточных вод на 96 млн м³ больше, в том числе на 45,2 млн м³ без их предварительной очистки. Для снижения потребления воды большое значение приобретает развитие и внедрение повторного, оборотного и замкнутого циклов её использования.

Ключевые слова: вода, добыча, стоки, Беларусь.

В Республике Беларусь общепринята разработка и утверждение отраслевых пятилетних государственных программ. Так, постановлением Совета Министров № 99 от 19 февраля 2021 г. была утверждена государственная программа «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2021–2025 годы» (Государственная программа). В данной программе намечены цели, задачи, направления государственной политики и комплекс мероприятий в области охраны окружающей среды (ООС) и использования природных ресурсов в Республике Беларусь на период до 2025 года. Предусматривается, что её реализация должна быть направлена на достижение Целей устойчивого развития, принятых 25 сентября 2015 года в ООН в соответствии с Повесткой дня в области устойчивого развития до 2030 года, в том числе по сохранению и рациональному использованию водных ресурсов [1].

Следует отметить, что осуществлению мероприятий текущей Государственной программы должны способствовать выполненные в полном объеме 116 целевых показателей предыдущей Государственной программы за 2016–2020 годы. В числе целевых показателей прирост запасов пресных вод суммарно за пять лет на 224,72 тыс. м³ при задании 165 тыс. м³ в сутки (в 2016 г. – на 47,42 тыс. м³ в сутки, 2017 г. – 29,5 тыс. м³, 2018 г. – 57,7 тыс. м³, в 2019 г. – на 57,2 тыс. м³, в 2020 г. – на 32,9 тыс. м³) [2]. К этому следует добавить, что по данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды за прошедшую пятилетку в республике было разведано 609 участков месторождений пресных подземных вод с промышленными запасами 6,4 млн м³ в сутки и 245 месторождений минеральных подземных вод с промышленными запасами 64,4 тыс. м³ в сутки. Также проведена инвентаризация поверхностных водных объектов (водотоков с площадью водосбора от 30 км², водоемов с площадью водной глади от 0,5 км² и родников), в результате которой установлено, что в Республике Беларусь с такими параметрами в настоя-

щее время насчитывается 3160 водотоков, 3940 водоемов и 1182 родника. Проведены работы по повторному заболачиванию торфяников на площади более 60 тыс. га, которые должны стать дополнительным резервуаром водных ресурсов [2].

В целом Республика Беларусь в настоящее время в достаточной мере обеспечена водными ресурсами. Водообеспеченность составляет 6,1 тыс. м³ воды в год на душу населения, что соответствует средневропейскому значению (6 тыс. м³ воды в год на душу населения) [2]. Поэтому актуальной задачей в республике является и в дальнейшем сохранение и экономное использование имеющихся водных ресурсов [3].

Цель работы заключалась в оценке объемов использования воды в республике и образования сточных вод.

Одной из задач Государственной программы в вопросах водопользования является обеспечение экологически благоприятных условий жизнедеятельности населения путём сохранения воды, ежегодного учёта её добычи, расхода и сброса в окружающую среду.

Как видно из показателей таблицы в 2021 г. в республике было добыто воды на 97 млн м³ более, чем в 2020 г. или 107,3% к предыдущему году. Среди изъятых воды доля подземных вод составила 57%, поверхностных – 43%. При этом количество изъятых поверхностных вод в 2021 г. оказалось на 83 млн м³ больше, а подземных – на 14 млн м³, в сравнении с 2020 г. Уровень использования воды от добытой как в 2020, так и в 2021 г. составил 89,9%. Использование воды на хозяйственно-питьевые нужды в 2021 г. увеличилось на 33 млн м³, что составило 106,8% от показателя предшествующего года. Также установлен прирост водопотребления для нужд промышленности на 13,1% и сельского хозяйства на 6,6%.

Таблица

Использование воды в Беларуси за 2020–2021 годы, млн м³ в год [4]

Показатель	2020	2021
1. Добыто вод – всего	1328	1425
в том числе:		
1.1 подземных вод	799	813
1.2 поверхностных вод	529	612
2. Использовано воды	1195	1281
в том числе:		
2.1 на хозяйственно-питьевые нужды	484	517
2.2 на нужды промышленности	199	225
2.3 на нужды сельского хозяйства – всего	379	404
3. Сброшено сточных вод в окружающую среду – всего	1155	1254
в том числе:		
3.1 в поверхностные водные объекты с учетом различной степени очистки:	1038	1134
в том числе:		
3.1.1 недостаточно очищенных сточных вод	2,67	2,34
3.1.2 нормативно очищенных сточных вод	694,1	745
3.1.3 сточных вод без их предварительной очистки	341,08	386,3

В 2020 г. 87% добытой воды, в виде сточных вод, поступило в окружающую среду, в 2021 г. – 88%. Сброс сточных вод в количественном выражении в 2021 г. прирос на 99 млн м³ или на 8,7%. Из всего объема сточных вод в поверхностные водные объекты было сброшено в 2021 г. на 96 млн м³ больше, а также на 45,2 млн м³ больше сточных вод без их предварительной очистки. Доля сточных вод без их предварительной очистки среди сброшенных сточных вод в окружающую среду в 2021 г. составила 30,8%, что на 1,3% оказалось выше, чем в 2020 г. Одновременно с этим следует подчеркнуть, что фактическая мощность очистных сооружений, после которых сточные воды могут сбрасываться в поверхностные водные объекты, за период с 2017 по 2021 гг., увеличилась в 2,2 раза и достигла 4182 млн м³. Из этого следует, что в республике имеются возможности не допускать образования сброса вод без их предварительной очистки.

Для снижения потребления воды большое значение в республике приобретает развитие и внедрение повторного, оборотного и замкнутого циклов её использования. Повторное означает использование одной и той же массы воды в двух или более технологических целях с последующим выпуском в водоем или на захоронение. При выпуске в водоем предусматривается соответствующая очистка последовательно использованных сточных вод.

Оборотные системы могут действовать только в том случае, если из циркулирующей воды систематически или периодически извлекаются примеси, попадающие в воду.

Перспективными технологическими направлениями рационального использования водных ресурсов в промышленности является использование водооборотных систем с многократным использованием воды. При уменьшении количества природной воды, используемой для пополнения оборотной системы, концентрация солей увеличивается и образуется осадок. Для того чтобы решить данную проблему требуются специальные реагенты, ингибирующие кристаллизацию солей и стабилизирующие дисперсию с осадком [3].

Замкнутые системы водопользования исключают сброс сточных вод в водоем. Но такие системы пока затратные. Для перевода предприятий на бессточное водопользование необходимо решение ряда организационно-технических задач. Таких, например, как: частичная или полная замена действующего оборудования и коммуникаций, установления новой системы контроля и управления, устранения биологического обрастания трубопроводов и оборудования, отложения на них солей, коррозии конструкции и т. д. Однако, несмотря на сложность задач, состояние водопользования свидетельствует, что к их решению необходимо приступать.

Библиографический список

1. Государственная программа «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2021–2025 годы» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.minpriroda.gov.by/ru/prog/> (дата обращения: 05.03.2023).

2. Реализация Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2016–2020 годы» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.minpriroda.gov.by/ru/vodnres-ru/> (дата обращения: 05.03.2023).

3. Ковалёва О. В. Гидроэкология. Структура и функционирование гидроэкосистем : практическое пособие для студентов специальности «Геоэкология». Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. 44 с.

4. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический буклет. – Минск, 2022. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.belstat.gov.by/-ofitsialnayastatistika/publications/izdania/public_55423/ (дата обращения: 05.03.2023).

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИСТОЧНИКА СЕНЕК УЛУГ-ХЕМСКОГО РАЙОНА

Х. А. Кара-оол, Б. Ш. Хургул-оол

Тувинский государственный университет, tgu@tuvsu.ru

Статья посвящена исследованию физических показателей и химических характеристик низкотемпературного источника Сенек Улуг-Хемского района. Выявлено, что среди катионов преобладают ионы натрия и кальция, среди анионов – сульфаты. Установлено, что минеральный источник по минерализации и ионно-солевой структуре воды относится к пресным водам с нейтральными значениями рН, характеризуется высокой природной стойкостью, воду из источника можно использовать в качестве питьевой воды.

Ключевые слова: аржаан, тяжелые металлы, анионы, катионы, источник Сенек, Улуг-Хем.

Аржааны – это не просто природное богатство нашей республики, но и объекты, связанные с культурно-историческими традициями, культовыми обрядами, с философским мировоззрением, в основе которого лежит единство природы и человека. Поэтому их изучение не теряет актуальности и в настоящее время [1].

Объектом исследования явилась вода из источника Сенек, который расположен на территории Улуг-Хемского района.

При исследовании физико-химического состава воды использовались потенциометрический, титриметрический, фотометрический, гравиметрический, органолептический, турбидиметрический, расчетный методы и атомно-абсорбционная спектрометрия.

Аржаан Сенек является одним из популярных питьевых аржаанов среди жителей Республики Тыва. Минеральный источник Сенек используется населением в лечебных целях с 80-х годов прошлого века. Аржаан Сенек расположен к югу от села Хайыракан, в 8 км от трассы Кызыл – Шагонар. На месте аржаана пробурена скважина, вода истекает под естественным напором [1].

В результате исследования физических характеристик воды из аржаана Сенек Улуг-Хемского района установлено, что он относится к источникам с

холодными водами (температура составляет 9°C). По органолептическим свойствам исследованная вода не имеет вкуса и запаха. По цветности и мутности воды источника относятся к прозрачным водам. По кислотности воды имеет нейтральную реакцию среды. Сухой остаток воды в источнике Сенек составляет 256 мг/л [2].

По величине общей жёсткости вода источника Сенек относится к жестким водам. Содержание тяжёлых металлов в воде аржаана очень низкое, как и перманганатная окисляемость воды [3].

Среди катионов в воде исследуемого источника преобладают ионы кальция (до 54,40 мг/л) и натрия (до 56,11 мг/л), которые содержатся во всех поверхностных и подземных водах. Содержание ионов калия в воде аржаана незначительное.

Содержание гидрокарбонат-ионов достигает 94,53 мг/л. Концентрация сульфат-ионов достигает 104,4 мг/л, хлорид-ионов – 80,83 мг/л. Количество нитрат-ионов в исследуемых водах незначительное и достигает 5,22 мг/л. Нитрит-ионы и ионы аммония присутствуют в меньшем количестве. В результате исследований выявлено, что вода аржаана Сенек имеет сульфатно-хлоридный натриево-кальциевый состав [2].

Таким образом, исследование физико-химических показателей воды источника Сенек показало, что по минерализации и ионно-солевой структуре вода относится к пресным водам с нейтральными значениями pH, характеризуется высокой природной стойкостью, воду из аржаана можно использовать в качестве питьевой воды.

Библиографический список

1. Аракчаа К. Д. Слово об аржаанах Тыва. М. : ПолиКом, 1995. 24 с.
2. Кара-Сал Л. В. Анализ физико-химических параметров аржаанов Улуг-Хемского кожууна (Республики Тыва) [Электронный ресурс]. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49527331> (дата обращения: 05.03.2023).
3. Кирюхин В. А., Коротков А. И., Шварцев С. Л. Гидрогеохимия. М. : Недра, 1993. 384 с.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ВОДНУЮ БИОТУ РЕКИ КОКСУ

З. А. Мустафаева¹, Н. О. Титова², Н. И. Лебедева¹

¹ *Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан, zuri05@mail.ru*

² *Научно-исследовательский институт рыбоводства, Узбекистан,
narcissus14.07.1990@mail.ru*

В статье приводятся результаты исследования сообществ перифитона и зообентоса в реке Коксу, протекающей по охраняемой территории Угам-Чаткальского национального парка, проводимые в 2022 году. В холодный весенний период преобладали горные альпийские, криофильные виды – индикаторы х-, х-о-, о-сапробных условий. Летом сообщества перифитона и зо-

обентоса представлены в основном горными и предгорными х-о, о-, о-β-, β-мезосапробными видами.

Ключевые слова: река Коксу, перифитон, зообентос, качество воды, экологический статус.

Река Коксу – горная река, протекающая по охраняемой территории Угам-Чаткальского национального парка Ташкентской области (вилояте) и впадающая в Чарвакское водохранилище у посёлка Бричмулла. До заполнения Чарвакского водохранилища река Коксу являлась правым притоком реки Чаткал. Высота устья – 870 м над уровнем моря. Исток реки Коксу находится на южном склоне Пскемского хребта, из ледников и снежников у вершин Тавалган, Коксубоши на высотах до 3800 метров. Длина реки 60 км, площадь водосбора – 398 км².

Русло реки Коксу протекает между Пскемским хребтом (на северо-западе) и Коксуйским хребтом (с юго-востока). Ущелье реки глубокое. В верховьях реки её ущелье местами практически непроходимо из-за крутизны склонов хребтов. На расстоянии около 18–20 км от устья долина реки расширяется, здесь расположена берёзовая роща, а сразу за ней выше по течению река зажата отвесными скалами, высотой до 25 м, которые образуют каньон шириной около 3–4 м, длиной 20–25 м и глубиной порядка 6–7 м, сквозь который протекает р. Коксу.

В настоящее время русло реки перегорожено плотиной ГЭС, а по берегу русла реки построены зоны отдыха, что несомненно повлияло на развитие водной биоты в целом.

В водотоках региона с горным типом питания и повышенной скоростью течения основными приоритетными биоценозами являются перифитон (обрастания) и макрозообентос (беспозвоночные), которые обильно и разнообразно представлены как в речных экосистемах, так и в литорали горных озёр на охраняемых природных территориях.

Для сбора полевого материала и проведения аналитических работ использованы общепринятые гидробиологические методы [1–4] с использованием определителей по группам организмов перифитона, макрозообентоса [5–11]. Для оценки индекса сапробности (ИС) воды применяли метод индикаторных организмов Пантле и Букка в модификации Сладечека [12], а также биотический перифитонный индекс (БПИ) Гальских, индекс Вудивиса и модифицированный биотический индекс (МБИ) Булгакова, которые разработаны с учетом региональных особенностей быстротекучих рек Средней Азии [13–15].

Экспедиционный отбор проб перифитона и зообентоса проводился в весенне-летний период ниже плотины и выше гостиницы (41°36'55,44" N и 70°06'51,56" E) (рис. 1).



А



Б

Рис. 1. Место сбора полевого материала, р. Коксу: А – русло реки с бурным течением рядом с гостиницей (вверху), 13.05.2022 г.; Б – русло реки с медленным течением и скоплением мусора, 17.07.2022 г.

В весенний период температура воды была + 8 °С, расстояние от берега 0,1–1,0 м. Наблюдалось очень много воды, затопление бровки колебаний уровня; течение очень быстрое; вода прозрачная с голубовато-белесым оттенком; дно – валуны, камни, галька, обломки скал.

Летом температура воды + 23 °С, расстояние от берега 0,5–1,0 м. Воды много, перекаты затоплены, бровка колебаний уровня воды еще видна; течение отсутствует; цвет воды от бирюзового до зеленовато-голубого; прозрачная 0,7–1,0 м; дно – камни, галька, затопленная растительность.

По сравнению с маем в июле наблюдалось сильное зарастание русла реки и засорение поверхности воды бытовым (пластик) мусором.

Перифитон. Весной в обрастаниях реки Коксу было отмечено 39 видов, из которых цианобактерий 4 вида, диатомовых – 29, зеленых – 4 и по 1 виду золотистых и красных водорослей. Доминантный комплекс составляли бореально-альпийские и горные криофильные виды – индикаторы х-, х-о-, о-сапробных условий из диатомовых водорослей *Diatoma hiemale*, *D. hiemale var. mesodon*, *Melosira arenaria*, *Achnanthes linearis*, *Ach. lanceolata* и ее вариация, *Fragilaria bicapitata*, *Cymbella hebridica*, *C. stuxbergii*, *Didymosphenia geminata* и др. Практически вся поверхность камней покрыта характерными буроватыми слизкими прядями золотистой водоросли *Hydrurus foetidus* и зелеными нежными нитчатками *Ulothrix zonata*, *Ul. tenuissima*.

Летом было отмечено 35 видов, из которых цианобактерий 5 видов, диатомовых – 27, зеленых – 3 вида водорослей. Доминантный комплекс представлен в основном широко-распространенными видами х-о-, о- и о-β-мезосапробных условий из родов *Cyclotella*, *Tabellaria*, *Synedra*, *Fragillaria*,

Navicula и др. На камнях и прибрежной водной растительности наблюдалось массовое развитие зеленых *Spirogyra* sp., *Cladophora glomerata*.

Индекс сапробности (ИС) варьировал от 1,00 до 1,23 (весна – лето); биотический перифитонный индекс (БПИ) соответствовал 10–8 баллам, класс качества воды оценивался I и II классами (очень чистые воды – чистые воды).

Зообентос. В водотоках горной зоны отмечены альпийские, криофильные виды веснянок, поденок и ручейников, которые выпадают из состава бентофауны предгорной и равнинной зон и замещаются на широко распространенные виды α -, α - β - и β -мезосапробных условий.

Во время весеннего отбора проб было обнаружено 6 видов организмов зообентоса из 3 отрядов: поденки – 4 вида; двукрылые – 1 вид; водяные клещи – 1 вид. Показатель численности зообентоса в мае 2022 года составлял 285 экз./м², а биомассы – 0,1518 г/м².

По показателям зообентоса в мае 2022 г. данная точка отбора соответствует α - β -мезосапробной зоне, т.е. показатели сапробности (S) находятся в диапазоне между 0,25 до 0,5. По показателям МБИ данная точка соответствует I классу качества – очень чистые воды (фоновое) (табл.).

Таблица

Таксономические группы зообентоса р. Коксу в 2022 г.

Весенний отбор проб 2022 г.				Летний отбор проб 2022 г.			
таксономическая группа	численность экз/м ²	биомасса г/м ²	сапробность точки отбора проб	таксономическая группа	численность экз/м ²	биомасса г/м ²	сапробность точки отбора проб
Ephemeroptera	279	0,1513	0,56	Trichoptera	26	0,3317	1,35
Diptera	3	0,0005		Ephemeroptera	18	0,0283	
Hydracarina	5	0,00003		Diptera	84	0,0293	
				Coleoptera	31	1,0281	
			Oligochaeta	19	0,0013		
Итого	285	0,1517	α - β	Итого	179	1,4187	α - β

Состав бентофауны в летний период отбора проб был представлен горными и предгорными α - β -, β -мезосапробными видами поденок *Beatis rhodani*, *Ameletus alexandrae*, ручейников *Dinarthrum*, *Mystrophora altaica*, двукрылых – *Eukiefferiella alpestris*, малощетинковых червей – *Nais behningi*.

В пробе было обнаружено 11 видов организмов зообентоса из 5 отрядов: поденки – 2 вида; ручейники – 2 видов; двукрылые – 6 видов; малощетинковые черви – 1 вид; жуки – 1 вид.

Показатель численности зообентоса в июле 2022 года составлял 179 экз./м², а биомассы – 1,4187 г/м². По показателям зообентоса в июле 2022 г. данная точка отбора соответствует α - β -мезосапробной зоне, т.е. показатели сапробности (S) находятся в диапазоне между 1,5 до 2,0. По показателям МБИ данная точка соответствует II классу качества – чистые воды.

На основании полученных результатов можно отметить, что на развитие водной биоты реки Коксу влияют не только биотические и абиотические,

но и антропогенные факторы. Происходит замещение видового состава горных альпийских, криофильных организмов на широко-распространенные виды предгорной и равнинной зон на α -, α - β - и β -мезосапробных условиях.

Качество воды по показателям перифитона и зообентоса в реке Коксу на территории Угам-Чаткальского национального парка оценивается в основном I, II классами (очень чистые – чистые воды). Значения биотического перифитонного индекса (БПИ) варьирует от 8–10 баллов, модифицированного биотического индекса (МБИ) – 6–8 баллов, индекс сапробности (ИС) – 1,00–1,23. Экологическое состояние оценивается в основном АБ (Ф) – фоновое, удовлетворительное экологическое состояние, характеризуемое метаболическим и экологическим прогрессом биоценозов.

Библиографический список

1. Макрушин А. В. Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения. Л. : Наука, 1974.
2. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. М. : СЭВ, 1976. 4.3, 185 с.; Приложение 1: Индикаторы сапробности. 1977. 91 с.; Приложение 2: Атлас сапробных организмов. 1977. 227 с.
3. Мустафаева З. А., Мирзаев У. Т., Камиллов Б. Г. Методы гидробиологического мониторинга водных объектов Узбекистана : методическое пособие. Ташкент : Навруз, 2017. 112 с.
4. Попченко В. И., Булгаков Г. П., Тальских В. Н. Мониторинг макрозообентоса // Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. СПб. : Гидрометеиздат, 1992. С. 64–103.
5. Канюкова Е. В. Водные полужесткокрылые насекомые (Heteroptera: Nepomorpha, Gerrhormorpha) фауны России и сопредельных стран. Владивосток : Дальнаука, 2006. 297 с.
6. Тесленко В. А., Жильцова Л. А. Определитель веснянок (Insecta, Plecoptera) России и сопредельных стран. Имаго и личинки. Владивосток : Дальнаука, 2009. 382 с.
7. Мошкова Н. А., Голлербах М. М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Т. 10, Зеленые водоросли. Класс Улотриковые. Л. : Изд-во «Наука», 1986. 378 с.
8. Мамаев Б. М., Медведев Л. Н., Правдин Ф. Н. Определитель насекомых европейской части СССР. М. : Просвещение, 1976. С. 103–187.
9. Виноградова К. Л., Голлербах М. М., Заур Л. М., Сдобникова Н. В. Зеленые, красные и бурые водоросли. Л. : Наука, 1980. 248 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 13).
10. Определитель пресноводных водорослей СССР. Т. 4. Диатомовые водоросли / М. М. Забелина, И. А. Киселев, А. И. Прошкина-Лавренко, В. С. Шещукова. М. : Советская наука, 1953. Вып. 2. 620 с.
11. Определитель низших растений. Водоросли / Л. И. Курсанов, М. М. Забелина, К. И. Мейер, Я. В. Ролл, Н. И. Пешинская. М. : Изд-во «Советская наука», 1977. Т. 1, Т. 2.
12. Sladecek V. System of water quality from biological point of view // *Achieves für Hydrobiologie – Beiheft Ergebnisse der Limnologie*. 1973. Vol. 1. No. 7. P. 1–218.
13. Тальских В. Н. Оценка состояния перифитонного сообщества по биотическому перифитонному индексу // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Вып. 2, Л. : Гидрометеиздат, 1989. С. 57–60.
14. Вудивис Ф. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л. : Гидрометеиздат, 1977. С. 132–161.

15. Булгаков Г. П. Принципы оценки качества текучих вод Узбекистана с помощью МБИ // Труды САНИГМИ. Главгидромет РУз. 1989. Вып. 135(216). С. 13–21.

МИКРОПЛАСТИК В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ МЁШИ

К. А. Шевчук, Н. Ю. Степанова

Казанский федеральный университет, kostya.shevchuk.2001@bk.ru

Приводится содержание, распределение по видам и размеру частиц микропластика в донных отложениях реки Мёши, притока реки Камы, и бессточного озера на территории Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника.

Ключевые слова: микропластик, река Мёша, донные отложения.

Пластик стал неотъемлемой частью нашей жизни. Благодаря физическим и химическим свойствам этот материал используется в разных отраслях промышленности и для производства изделий бытового назначения.

Пластик обладает долговечностью, полимеры в его составе разлагаются минимум 100 лет, в течение которых пластик под действием физических факторов распадается, образуя частицы макро- и микропластика (МП) [1]. Микропластик представляет опасность для биоты, накапливаясь в тканях и органах растений и животных, но также может сорбировать на своей поверхности загрязняющие вещества, что приводит к токсическому воздействию на живых организмов. Накопление и передача токсичных веществ по трофическим связям могут оказать влияние и на человека [2–5].

Целью данной работы была оценка содержания частиц микропластика в донных отложениях р. Мёши (приток р. Камы) в сравнении с фоновым содержанием.

Объект исследования – донные отложения реки Мёши в русловой и устьевой частях (залив). Для оценки фонового содержания были отобраны пробы донных отложений (ДО) из озера на территории Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ), Саралинский участок.

В 2022 году с помощью штангового дночерпателя были отобраны 24 пробы поверхностного слоя ДО (рис. 1). Содержание МП в пробах ДО определяли в соответствии с методиками, описанными в литературе [6].

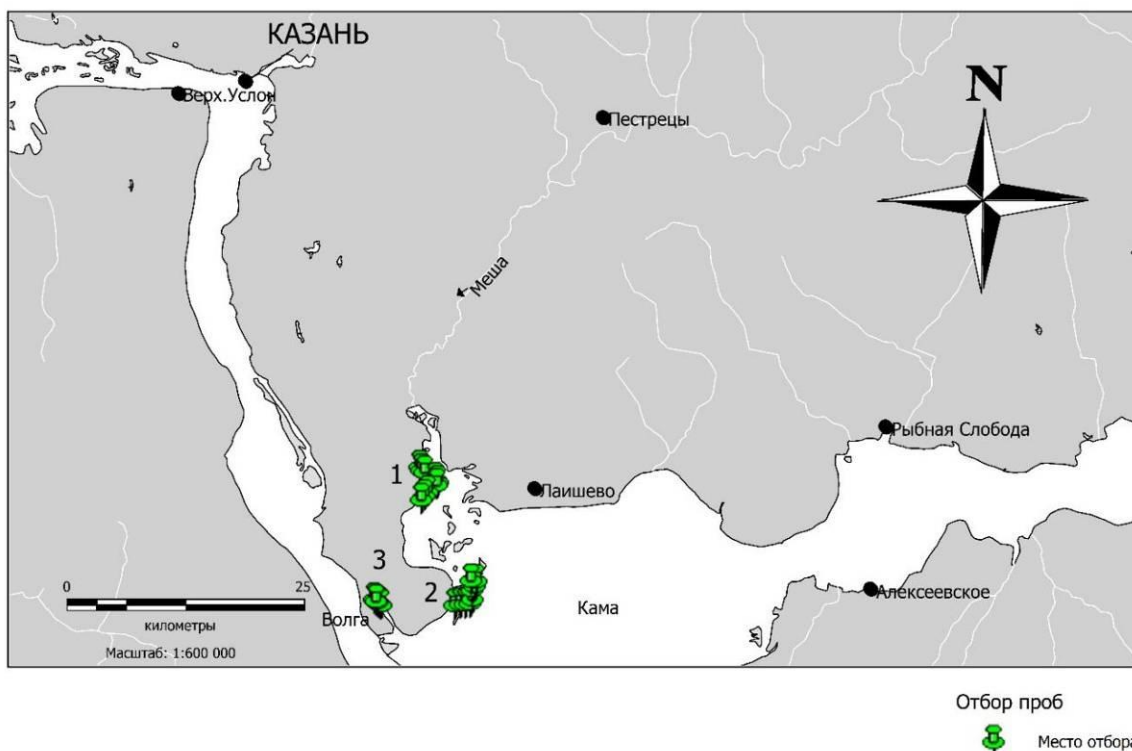


Рис. 1. Карта-схема расположения мест отбора проб донных отложений:
 1 – русловая часть реки Мёши, 2 – устьевая часть реки Мёши,
 3 – озеро на территории ВКГПБЗ

Для оценки фонового содержания МП в ДО использовали пробы, отобранные в бессточном озере на территории ВКГПБЗ. Несмотря на то, что озеро не испытывает антропогенного воздействия, МП в ДО присутствовал в количестве $8,6 \pm 7,4$ ед./кг (рис. 2). В ДО р. Мёши содержание МП было выше, причём в устьевой части его содержание составило 72 ± 35 ед./кг, что в 1,5 ниже по сравнению с русловой частью реки (109 ± 37 ед./кг).

Анализ МП по видам показал наличие в ДО только нитей и фрагментов примерно в равных соотношениях на всех исследованных участках (рис. 3), пленки и гранулы не были обнаружены ни в одной пробе. Нити составили 54–63%, что может указывать на широкое использование рыболовных снастей рыбаками на р. Мёше. Подобная закономерность была отмечена в литературе и для других водных объектов [7].

Если рассматривать размерное распределение МП в ДО исследованных объектов (рис. 4), то можно отметить, что в ДО фонового озера встречались крупные (>900 мкм) и мелкие (100–300 мкм) частицы. В русловой части реки были обнаружены все размеры частиц с преобладанием, как в фоне, крупных и мелкогабаритных частиц, в устье – основной вклад вносили крупные и мелкие частицы МП.

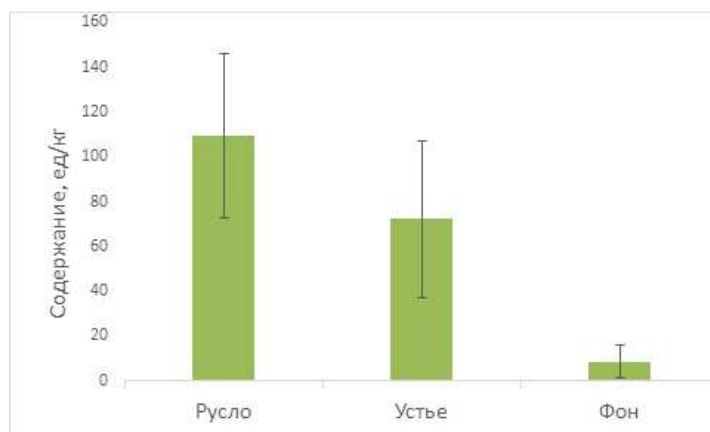


Рис. 2. Количество (ед./кг) МП в донных отложениях реки Мёши (русло, устье) и озере ВКГПБЗ (фон)

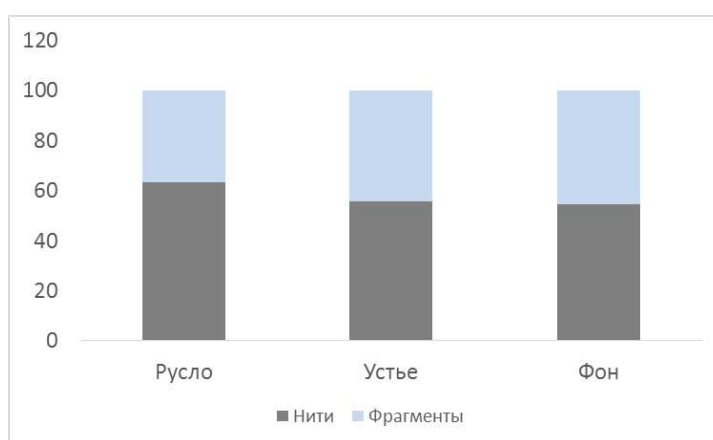


Рис. 3. Процентное соотношение МП по видам в донных отложениях реки Мёши (русло, устье) и озере ВКГПБЗ (фон)

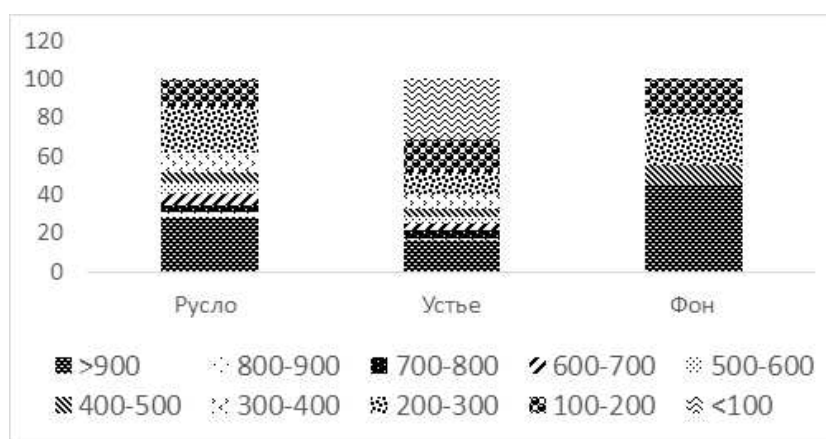


Рис. 4. Процентное соотношение МП по длине (мкм) в донных отложениях реки Мёши (русло, устье) и озере ВКГПБЗ (фон)

В заключение можно отметить, что МП встречается в ДО повсеместно. Учитывая длительное время разложения пластика, МП был обнаружен даже в озере на территории заповедника на уровне $8,6 \pm 7,4$ ед./кг. Данное содержание МП в ДО можно предварительно рассматривать как фоновое содержание. В р. Мёше самое большое содержание МП (109 ± 37) было выявлено в ДО рус-

ловой части, в местах массового любительского рыболовства, что в 1,5 раза больше, чем в заливе устьевой части. Во всех пробах преобладали нити и фрагменты примерно в равном соотношении, что отразилось и на размерном спектре МП. Нити вносят вклад в крупноразмерные частицы, а фрагменты – в мелкоразмерные.

Библиографический список

1. Козловский Н. В., Блиновская Я. Ю. Микропластик – макропроблема Мирового океана // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2015. № 10. С. 159–162.
2. Микроскопические частицы синтетических полимеров в пресноводных экосистемах: изученность и современное состояние / О. В. Никитин, В. З. Латыпова, Т. Я. Ашихмина, Р. С. Кузьмин, Э. И. Насырова, И. И. Харипов // *Теоретическая и прикладная экология*. 2020. № 4. С. 216–222. doi: 10.25750/1995-4301-2020-4-216-222
3. Microplastic effects on plants / M. C. Rillig, A. Lehmann, A. A. de Souza Machado, G. Yang // *New Phytologist*. 2019. Vol. 223. No. 3. P. 1066–1070. doi: 10.1111/nph.15794
4. Ivanova E. V., Pozdnyakov S. R., Tikhonova D. A. Analysis of microplastic concentrations in water and bottom sediments as a new aspect of ecological monitoring // *IOP Conf. Ser. : Earth Environ. Sci.* 2021. Vol. 834. Article No. 012057. doi: 10.1088/1755-1315/834/1/012057
5. Chemicals sorbed to environmental microplastics are toxic to early life stages of aquatic organisms / B. Cormier, C. Gambardella, T. Tato, Q. Perdriat, E. Costa, C. Veclin, F. Le Bihanic, B. Grassl, F. Dubocq, A. Kärrman, K. Van Arkel, S. Lemoine, F. Lagarde, B. Morin, F. Garaventa, M. Faimali, X. Cousin, M.-L. Bégout, R. Beiras, J. Cachot // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021. Vol. 208. Article No. 111665. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.111665
6. Зобков М. Б., Есюкова Е. Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // *Океанология*. 2017. Т. 58. № 1. С. 149–157.
7. Recommended best practices for collecting, analyzing, and reporting microplastics in environmental media: Lessons learned from comprehensive monitoring of San Francisco Bay / E. Miller, M. Sedlak, D. Lin, C. Box, C. Holleman, C. M. Rochman, R. Sutton // *Journal of Hazardous Materials*. 2021. Vol. 409. Article No. 124770. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.124770

ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И РОГОЗА УЗКОЛИСТНОГО В УСЛОВИЯХ СТАРИЦЫ РЕКИ СОК

И. Н. Романов, Ю. В. Макарова, Н. В. Прохорова
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва, natali.prokhorova.55@mail.ru

В статье представлены результаты изучения особенностей аккумуляции кальция, тяжелых металлов и As в донных отложениях и биомассе *Typha angustifolia* L. в пределах старицы р. Сок – левого притока р. Волги. Показана аккумулялирующая роль донных отложений в слабопроточной старице.

Ключевые слова: старица, река Сок, Саратовское водохранилище, донные отложения, рогоз узколистный, тяжелые металлы, кальций, мышьяк.

Поверхностные водотоки представляют собой аккумулятивные системы, в которых наиболее активное депонирование различных веществ происходит в донных осадках. Это позволяет использовать их как индикаторы качества воды, состава почв и горных пород водосборных площадей, а также биогеохимических особенностей живых организмов, прежде всего водных и околоводных растений. Эколого-геохимическая оценка донных отложений и биоты конкретных водотоков актуальна и для научных, и для прикладных исследований, направленных на выявление интенсивности и масштаба техногенного загрязнения природной среды [1, 2].

Целью настоящего исследования является количественная оценка накопления Са, тяжелых металлов и металлоидов в донных отложениях и биомассе рогоза узколистной старицы р. Сок – левого притока р. Волги, расположенной в зоне влияния г. Самары.

Исследуемая старица р. Сок представляет собой природно-антропогенный территориальный комплекс, сформированный в пределах Красноглинского района г. Самары на участке старого русла р. Сок, расположенного ниже современного места ее впадения в Саратовское водохранилище. Этот водный объект в свое время претерпел наибольшую техногенную трансформацию, антропогенная нагрузка на него сильна и в настоящее время [3]. В пределах старицы были заложены 4 пробные площади (ПП 1, ПП 2, ПП 3, ПП 4), еще одна контрольная пробная площадь располагалась вне старицы в пределах прибрежной зоны Саратовского водохранилища (ПП 5к) (рис. 1).



Рис. 1. Местоположение старицы реки Сок и изучаемых пробных площадей (указаны их номера)

Пробная площадь 1 расположена возле континентального берега, представляющего собой в этом месте заброшенный пляж, активно зарастающий в рипальной зоне популяциями рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L). Это южная окраина старицы, напротив которой расположен остров Электрон.

Пробная площадь 2 расположена на месте впадения в старицу ручья, в непосредственной близости к нижней по течению дамбе и рядом с лодочной станцией. Это затапливаемый участок, в приливно-отливной части он занят популяциями рогоза узколистного.

Пробная площадь 3 примыкает к острову Серный и располагается напротив моста с протокой, близко к лодочной станции. Вдоль всей прибрежной полосы этой пробной площади произрастает рогоз узколистный, образующий внушительные заросли.

Пробная площадь 4 расположена практически на дамбе, в 15 метрах от протоки под мостом, здесь выявлены локальные молодые популяции рогоза узколистного, поселившиеся в последние годы.

Пробная площадь 5к (контроль) расположена на так называемом Красноглинском пляже. Популяции рогоза узколистного здесь имеют локальный характер. Этот участок определен нами как контрольный, поскольку располагается вне изучаемой старицы и имеет прямой выход в Саратовское водохранилище. Эта пробная площадь отличается проточностью и менее других пробных площадей, расположенных непосредственно в старице, подвержена заиливанию.

На каждой пробной площади в вегетационный период 2021 г. по общепринятым в биогеохимии методикам отбирали образцы донных осадков и биомассы рогоза узколистного (корневища и надземные части растения). Пробоподготовку и многоэлементный анализ методом спектрометрии с индуктивно связанной плазмой осуществляли согласно Методическим указаниям [4]. В донных отложениях и общей биомассе рогоза определяли содержание следующих элементов: Ca, Fe, Mn, Cr, V, Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Cd, Se, Sr, Rb.

В таблице 1 представлены средние показатели содержания Ca, тяжелых металлов и As в донных отложениях изучаемых пробных площадей.

Таблица 1

**Средние показатели содержания Ca, тяжелых металлов и As
в донных отложениях изучаемых пробных площадей (ПП)
в пределах старицы р. Сок, мг/кг воздушно-сухой массы**

Элемент	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4	ПП 5к
1	2	3	4	5	6
Mn	63,660	89,560	116,210	664,910	92,060
Cr	8,365	7,440	12,220	13,675	5,745
V	12,330	22,000	17,235	33,770	7,915
Co	3,050	2,240	4,180	3,570	2,335
Ni	10,200	0,000	5,700	0,300	11,400
Cu	3,375	7,035	5,255	15,060	1,285
Zn	25,860	49,200	22,820	48,535	9,220

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
As	0,830	0,655	1,445	4,110	0,680
Pb	2,490	6,405	2,130	6,835	1,410
Cd	0,070	0,105	0,085	0,330	0,050
Se	0,000	0,000	0,055	0,720	0,000
Sr	10,135	30,210	12,690	83,950	5,720
Rb	0,895	1,055	1,835	2,160	0,445
Ca	3454,75	19739,7	2389,75	30779,7	1458,50
Fe	2657,75	2582,75	3675,25	5192,75	2172,75

Анализ данных таблицы 1 показал, что максимальные концентрации большинства изучаемых элементов характерны для ПП 4. На ПП 1 выявлены высокие концентрации Ca и Ni, на ПП 2 – Zn и Pb, на ПП 3 – Co и Rb, на ПП 5к (контроль) – только Ni. При этом высокие концентрации Ni примерно сходны на ПП 1 и ПП 5; Zn и Pb – на ПП 2 и ПП 4, Rb – на ПП 3 и ПП 4. Более активная аккумуляция анализируемых элементов в донных отложениях ПП 4 может объясняться ее расположением на дамбе, по которой проложена автомобильная дорога, а сама дамба представляет собой техногенный барьер накопления загрязнителей. Минимальные концентрации большинства анализируемых элементов (кроме Mn и Ni) выявлены в донных отложениях контрольной пробной площади (ПП 5к), что связано с ее проточностью.

В таблице 2 представлены результаты многоэлементного анализа общей фитомассы рогоза узколистного, произрастающего на изучаемых пробных площадях. В отличие от донных отложений, в которых активной аккумуляцией металлов и металлоидов отличалась ПП 4, для рогоза такой четко выраженной тенденции не наблюдалось. На ПП 1 рогоз более активно накапливал Cd и Fe, на ПП 2 – V, Cu, Zn, Pb, Sr, Fe, на ПП 3 – Mn, Se, Sr, Ca, на ПП 4 – Cr и Sr, на ПП 5 – Co, As, Rb. Высокие концентрации анализируемых элементов в донных отложениях ПП 4 не коррелируют с их накоплением в общей биомассе рогоза, произрастающего в ее пределах.

Таблица 2

Среднее содержание Ca, тяжелых металлов и As в общей биомассе рогоза узколистного, произрастающего на изучаемых пробных площадях (ПП) в старице р. Сок, мг/кг воздушно-сухой массы

Элемент	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4	ПП 5к
1	2	3	4	5	6
Mn	359,75	475,55	911,95	362,35	653,85
Cr	1,05	1,95	1,54	3,06	0,95
V	3,28	5,80	4,05	3,82	2,75
Co	1,48	0,86	0,37	0,85	3,24
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	2,25	3,67	1,88	1,28	1,04
Zn	21,20	28,59	16,61	11,57	14,35
As	3,74	1,87	1,03	3,46	6,90

1	2	3	4	5	6
Pb	0,90	3,46	1,00	0,71	0,39
Cd	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
Se	0,01	0,00	0,25	0,00	0,00
Sr	42,58	50,85	56,78	53,31	42,31
Rb	0,17	0,46	0,71	0,90	1,59
Ca	6603,67	9863,33	9446,00	7162,67	4471,67
Fe	3094,00	2609,30	757,57	2445,03	2598,50

Активность аккумуляции металлов у растений можно оценивать по коэффициентам накопления (K_n), которые рассчитывают как отношение содержания конкретного металла в воздушно-сухой массе растения к его содержанию в почве (субстрате) местообитания. На рисунке 2 показаны геохимические спектры накопления тяжелых металлов в фитомассе рогоза узколистного на изучаемых пробных площадях. Значение K_n меньше 0,5 свидетельствует о слабой металлоаккумулирующей способности рогоза, K_n от 0,5 до 1 – средняя способность, показатели K_n выше 1 демонстрируют высокую степень аккумуляции металлов. Как следует из рисунка 2, низкая и средняя металлоаккумулирующая способность характерна для рогоза в отношении Cr, V, Co (исключение ПП 5к), Ni, Cu, Zn (исключение ПП 5к), Pb, Cd (исключение ПП 1), Se, Rb (исключение ПП 5).

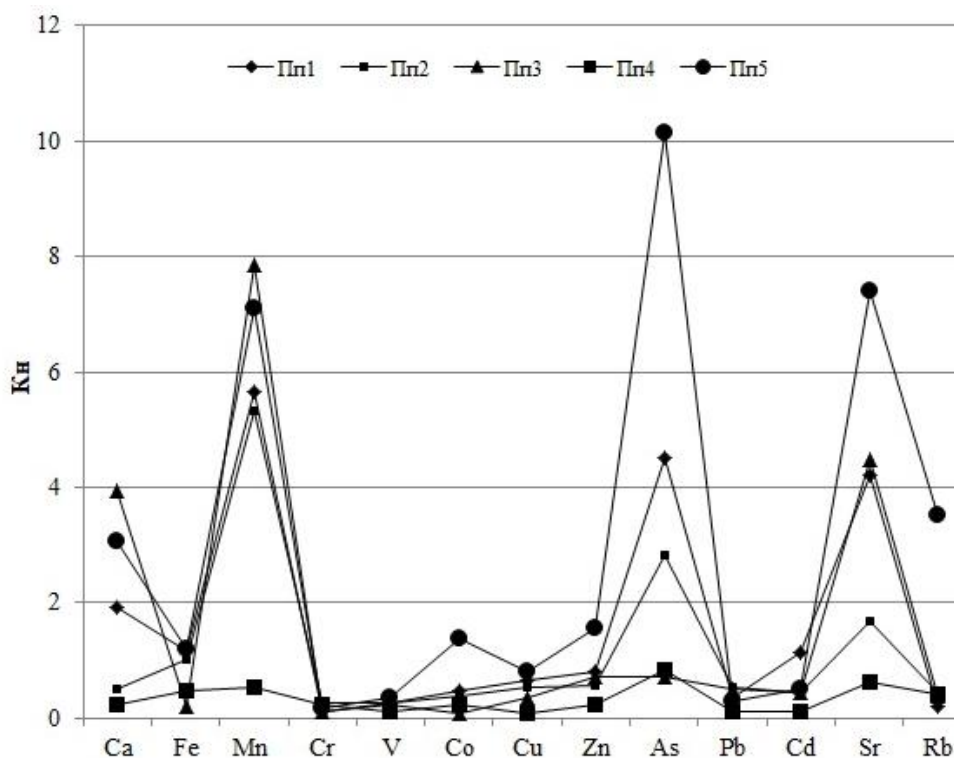


Рис. 2. Геохимические спектры накопления изучаемых элементов в общей фитомассе рогоза узколистного на изучаемых пробных площадях (ПП) в условиях старицы р. Сок

Такие элементы, как Ni и Se, вообще не обнаружены в фитомассе рогоза, но их содержание в донных отложениях его местообитаний было невысоким или даже ниже предела обнаружения используемым методом (табл. 1).

Высокую аккумулятивную активность рогоз показал в отношении небольшой группы элементов, среди которых Ca (за исключением ПП 2 и ПП 4), Fe (за исключением ПП 3 и ПП 4), Mn (исключение – ПП 4), As (исключение ПП 3), Sr (исключение – ПП 4).

Снижение аккумуляции этих элементов на ПП 2 (Ca), ПП 3 (Fe, As) и ПП 4 (Ca, Fe, Mn, Sr) может быть связано с физико-химическими особенностями донных отложений, спецификой проявления барьерной функции органов и тканей рогоза узколистного в разных геохимических условиях, что требует специальных исследований.

Библиографический список

1. Капитонова О. А., Шалавина В. С., Алтынцев А. В. Содержание тяжелых металлов в макрофитах рыбохозяйственных прудов СГУП Рыбхоз «Пихтовка» (Удмуртская Республика) // Проблемы прикладной экологии. 2014. Т. 16, № 1. С. 255–260.
2. Захарихина Л. В., Литвиненко Ю. С. Особенности геохимии донных отложений речной сети полуострова Камчатка // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2018. № 4. Вып. 40. С. 23–37.
3. Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна / под ред. Г. С. Розенберга, Т. Д. Зинченко. Тольятти : Кассандра, 2011. 322 с.
4. ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М. : Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды, 1998 (издание 2005). 31 с.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИТОКОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА, ПРОТЕКАЮЩИХ ПО ТЕРРИТОРИИ г. ПЕТРОЗАВОДСКА, ПО ХИМИЧЕСКИМ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Е. М. Макарова

*Институт водных проблем Севера Карельского научного центра
Российской академии наук, emm777@bk.ru*

Представлены результаты исследования гидрохимических и микробиологических показателей притоков Онежского озера, протекающих по территории города Петрозаводска. Химический состав рек формируется под воздействием заболоченной водосборной территории (высокие показатели цветности, высокое содержание железа) и антропогенной нагрузки. Количественное развитие бактериопланктона определялось влиянием антропогенного загрязнения.

Ключевые слова: притоки Онежского озера, гидрохимические показатели, бактериопланктон, пространственно-временная динамика, биоиндикация, загрязнение воды, качество воды.

Бактерии играют важную экологическую роль в биогеохимических процессах и регулируют качество воды в пресноводных экосистемах. Различные показатели бактериопланктона эффективно используются для оценки экологической ситуации в водоемах. Индикаторная значимость бактерий обусловлена: 1) разнообразием способов их функционирования, что обеспечивает способность к деструкции специфических веществ, недоступных другим организмам; 2) высокой скоростью метаболизма, что обеспечивает более быструю реакцию на незначительные изменения условий среды. Поэтому микробиологические показатели являются основой для оценки качества вод и их санитарного состояния. Наиболее эффективной микробиологической индикацией качества водной среды становится при одновременном изучении химического состава воды, который необходимо учитывать, принимая во внимание разнообразие способов функционирования бактерий.

Цель – оценить возможность применения общепринятых классификаторов качества вод по гидрохимическим и микробиологическим показателям для притоков Онежского озера с учётом региональных гидрографических особенностей Карелии.

Сезонные съёмки производили в 2015 г. на притоках Онежского озера, дренирующих в своем нижнем течении территорию г. Петрозаводска – реках Лососинке (ст. L–1 – фоновый участок за пределами городской черты выше по течению, ст. L–2 – порожистый участок с перепадом высоты около 2 м на городской территории; ст. L–3 – плесовый участок реки на городской территории; L–4 – устье реки на городской территории) и Неглинке (ст. N–1 – фоновый участок за пределами городской черты выше по течению; ст. N–2 – срединный участок реки на городской территории; ст. N–3 – устье реки на городской территории). Для изучения пределов изменчивости химических и микробиологических характеристик и выявления структуры связи между ними были обследованы дополнительно 10 притоков Онежского озера юго-западного, северо-западного и северного побережий в летний период.

Химические показатели являются важнейшими критериями качества вод в российских и международных системах мониторинга. При анализе данных гидрохимические показатели были разделены по происхождению. Использовали разработки П. А. Лозовика [1] по геохимической классификации вод Карелии. Выделили 2 группы показателей природного и антропогенного происхождения. К природным показателям, характеризующим региональные особенности, были отнесены: рН, цветность, общее железо ($Fe_{\text{общ.}}$), бихроматная окисляемость (ХПК). К показателям антропогенного происхождения были отнесены БПК₅, содержание общего и минерального фосфора, содержание нефтепродуктов, взвешенных веществ, растворенного кислорода. Показано, что на всем своем протяжении химический состав изученных рек отражает влияние водосборной заболоченной территории, при этом на городских участках рек дополнительно отмечается влияние ливневых и терригенного стоков. Подобная закономерность была отмечена и для других малых притоков Онежского озера – рек Сельская и Нелукса [2].

Для анализа пространственно-временной изменчивости гидрохимических показателей притоков Онежского озера использовали метод главных компонент (РСА), как эффективный метод классификации данных [3]. При анализе данных за 2015 г., по результатам РСА, две первые главные компоненты отразили вместе 57% общей изменчивости показателей состава воды р. Лососинки (табл. 1). Значимый вклад в значения первой главной компоненты (ГК–1) внесли рН, содержание $Fe_{\text{общ.}}$ и кислорода в воде, второй главной компоненты (ГК–2) – содержание фосфора (табл. 1). На графике станции разных участков р. Лососинки группируются в компактные группы по месяцам (рис. А). Пространственная однородность химического состава воды связана с быстрым течением реки. Сезонная изменчивость химического состава воды, главным образом, связана с ее гидрологическим режимом, когда в весенний снеговой и осенний дождевой паводки вода характеризуется наибольшим содержанием гумусовых веществ, на окисление которых расходуется кислород.

Применение РСА для данных по химическому составу воды р. Неглинка за 2015 г. показало, что две первые главные компоненты отразили 68% общей изменчивости признаков. Значимый вклад в ГК–1 внесли величина рН, цветность, БПК₅ и содержание фосфора, в ГК–2 – содержание кислорода в воде (табл. 1). На графике объекты разделились следующим образом: в двух правых квадрантах находятся пробы, отобранные на загородной станции во все месяцы наблюдения (рис. Б). В двух левых квадрантах расположились пробы, отобранные на городских станциях за весь период наблюдения. Расположение станций на графике свидетельствует о выраженной пространственной неоднородности участков реки, связанной с влиянием болотных вод в верхнем течении р. Неглинка, где обнаружены наименьшие величины рН, а также с поступлением подземных вод, которые нейтрализуют воду на городских участках реки [4]. На фоне резкого различия химического состава загородного и городских участков р. Неглинка сезонная изменчивость гидрохимических показателей выражена слабо.

Таблица 1

Факторные нагрузки признаков по двум главным компонентам по гидрохимическим показателям рек Лососинки и Неглинка за 2015 г.

Показатель	р. Лососинка		р. Неглинка	
	ГК–1	ГК–2	ГК–1	ГК–2
1	2	3	4	5
рН	-0,9	-0,3	-0,9	0,2
Цветность	-0,6	-0,4	0,9	0,0
O ₂	-0,7	0,4	0,1	1,0
Насыщение O ₂	0,6	0,0	-0,2	0,9
$Fe_{\text{общ.}}$	-0,9	0,3	0,6	0,2
ХПК	0,6	0,3	0,6	-0,6
БПК ₅	-0,1	-0,5	-0,7	-0,5
Взвешенные вещества	0,2	0,2	-0,1	-0,2
P _{общ.}	0,2	0,8	-0,8	-0,1

	1	2	3	4	5
$R_{\text{мин.}}$		-0,4	0,8	-0,8	0,0
Доля в общей дисперсии, %		35	22	43	25

Примечание. Жирным шрифтом выделены нагрузки признаков с достоверным вкладом ($p < 0,05$) в значения главных компонент.

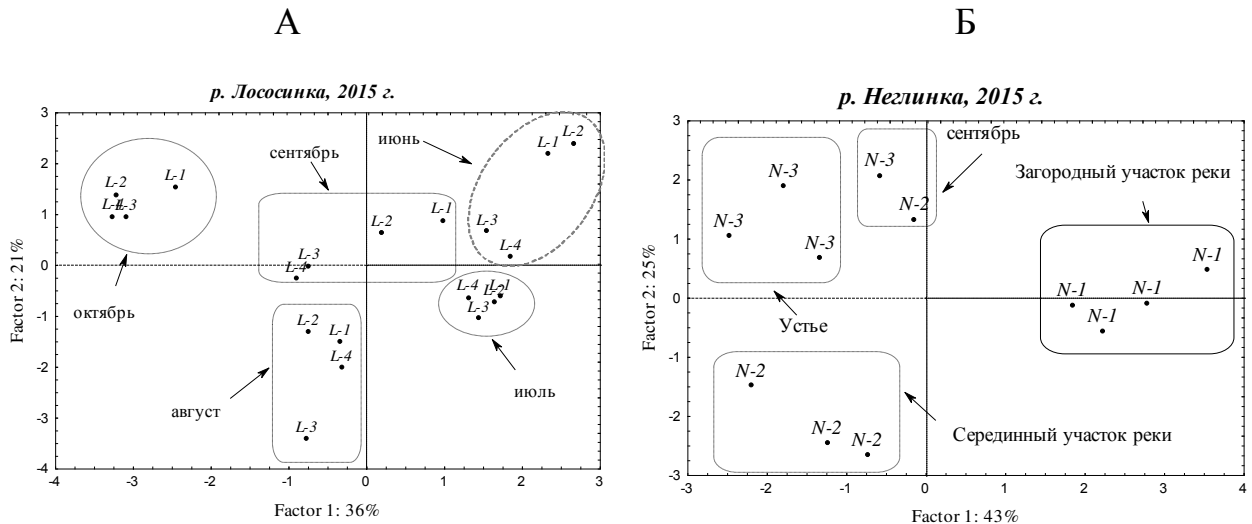


Рис. Визуализация распределения станций р. Лососинки (А) и р. Неглинки (Б) в 2015 г. по результатам отбора гидрохимических проб

Для оценки качества воды притоков Онежского озера – рек Лососинки и Неглинки, по гидрохимическим показателям рассчитывали УКИЗВ по совокупности нормированных показателей [5]. В целом, расчет УКИЗВ показал, что изученные створы рек имеют повышенные уровни загрязнения не только по показателям, имеющим антропогенную природу, но и по показателям, связанным с заболоченной водосборной территорией (pH , $Fe_{\text{общ.}}$) (табл. 2). Поскольку высокое содержание $Fe_{\text{общ.}}$ и низкие показатели pH являются региональным природным фактором, действующим на данной местности [4, 6], то в соответствии с приложением «В» [5], мы исключили региональные показатели из расчета УКИЗВ. Получили новую оценку загрязненности рек, согласно которой удалось более точно выявить антропогенно загрязненные участки рек и степень их загрязнения, главным образом для р. Неглинки (табл. 2).

Следующей задачей наших исследований стала микробиологическая индикация качества речных вод. В целом, по количественному развитию на различных участках изученных рек отмечено сильное варьирование микробиологических показателей. Изменения микробиологических показателей в сезонном аспекте выражены слабо, однако на отдельных станциях отбора проб отмечалось влияние паводковых вод и увеличение численности бактериопланктона в летнюю межень. Как на загородных, так и на городских участках обеих рек, выявлена корреляция показателей бактериопланктона между собой. При анализе данных пространственной изменчивости по результатам РСА отмечено заметное разделение всех проб рек Лососинки и

Неглинки на две группы по пространственному признаку: пробы фоновых участков рек и пробы городских участков.

Таблица 2

Характеристика загрязненности (без учета числа КПЗ) и значения УКИЗВ на станциях отбора проб р. Лососинки и р. Неглинки

Река	Участок реки	УКИЗВ	Характеристика состояния загрязненности воды	Ингредиенты с превышением ПДК
С учетом всех изученных гидрохимических показателей				
Лососинка	Фон	2,82	3 «а», загрязненная	БПК ₅ , Fe _{общ.}
	Середина течения	2,80	3 «а», загрязненная	Fe _{общ.} , взвешенные вещества
	Устье	2,58	3 «а», загрязненная	Fe _{общ.} , взвешенные вещества
Неглинка	Фон	3,25	3 «б», очень загрязненная	pH, Fe _{общ.}
	Середина течения	5,44	4 «а», грязная	растворенный кислород, БПК ₅ , Fe _{общ.} , P _{мин.} , нефтепродукты, взвешенные вещества
	Устье	3,67	3 «б», очень загрязненная	БПК ₅ , Fe _{общ.} , P _{мин.} , взвешенные вещества
Без учета региональных природных гидрохимических показателей				
Лососинка	Фон	1,06	2, слабо загрязненная	БПК ₅
	Середина течения	1,36	2, слабо загрязненная	БПК ₅ , взвешенные вещества
	Устье	1,04	2, слабо загрязненная	взвешенные вещества
Неглинка	Фон	0	Условно чистая	–
	Середина течения	4,96	4 «а», грязная	растворенный кислород, БПК ₅ , P _{мин.} , нефтепродукты, взвешенные вещества
	Устье	2,63	3 «а», загрязненная	БПК ₅ , P _{мин.} , взвешенные вещества

Примечание. КПЗ – критический показатель загрязненности – показатель загрязненности воды, по которому обобщенный оценочный балл превышает 9.

Была проведена экологическая оценка качества речных вод по микробиологическим показателям. Однако с учетом высокого содержания гумусовых веществ оставалось неизвестным, что влияет на развитие бактериопланктона: поступление загрязняющих веществ с ливневыми водами или поступление гумусовых веществ с заболоченной водосборной территории. Для решения этой задачи был применен метод РСА, который позволил рассмотреть структуру связи между гидрохимическими и микробиологическими показателями. Основой для этого анализа послужили логарифмированные гидрохимические и микробиологические показатели воды по 21 станции 12 притоков Онежского озера. Весьма важно отметить, что этот массив данных включал реки с разной степенью заболоченности водосборной территории и величи-

ной антропогенной нагрузки. Это определило широкое варьирование показателей выборки, что и позволило изучить структуру связей между ними.

По результатам РСА было установлено, что в ГК–1 значимые факторные нагрузки внесли все изучаемые показатели бактериопланктона с БПК₅, поступающего с ливневыми водами. В ГК–2 вошли показатели, характеризующие влияние заболоченного водосбора (рН, цветность, окисляемость), однако ни одна группа бактерий не внесла значимого вклада во вторую компоненту, что доказывает отсутствие прямого влияния природного фактора (заболоченной водосборной территории) на количественные показатели бактериопланктона.

Результаты РСА доказывают связь бактерий с действием антропогенного фактора, поэтому посчитали возможным применение общепринятых классификаторов качества воды, предназначенных для выявления антропогенно измененных участков водных объектов.

Библиографический список

1. Лозовик П. А. Гидрогеохимические критерии состояния поверхностных вод гумидной зоны и их устойчивости к антропогенному воздействию : автореф. дис. ... д-ра хим. наук. М., 2006. 59 с.
2. Оценка воздействия фильтрационных вод полигонов захоронения твёрдых бытовых отходов и активных илов на качество воды малых рек гумидной зоны / М. Б. Зобков, М. В. Зобкова, А. В. Сабылина, Т. А. Ефремова // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 119–126. doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-119-126
3. Коросов А. В. Экологические приложения компонентного анализа. Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 1996. 152 с.
4. Бородулина Г. С. Подземные воды // Водные объекты города Петрозаводска : учебное пособие / под ред. А. В. Литвиненко, Т. И. Регеранд. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2013. С. 40–42.
5. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов-на-Дону, 2002. 55 с.
6. Роль высокоуглеродистых (шунгитсодержащих) пород в формировании состава подземных вод Онежской структуры / Г. С. Бородулина, С. А. Светов, И. В. Токарев, М. А. Левичев // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2020. № 9. С. 72–87. doi: 10.17076/lim1259

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА ЮЖНО-ГОЛОДНОСТЕПСКОГО КАНАЛА, УЗБЕКИСТАН

Е. Н. Гинатуллина¹, З. А. Мустафаева², Н. О. Титова¹, С. М. Намозов²

¹ *НИИ рыбоводства, Республика Узбекистан, e-ginatullina@yandex.ru*

² *Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан, zuri05@mail.ru*

В статье представлены результаты исследования сообществ гидробионтов одного из крупных оросительных каналов среднего течения реки Сырдарья в Узбекистане. Определен видовой состав фито- и зоопланктона, зообентоса и рыб. Проведена оценка уровня органического загрязнения воды по индикаторным видам зоопланктона и зообентоса.

Ключевые слова: биоиндикация, фитопланктон, зоопланктон, бентос, ихтиофауна.

Южно-Голодностепский канал (ЮГК) имени Саркисова проходит с востока на запад по южной части Голодной степи для орошения сельскохозяйственных земель. Гидробиологическое исследование проводилось для оценки экологического состояния канала перед строительством здесь второй очереди ТЭЦ. В ходе рекогносцировочного обследования верхнего бьефа ЮГК в апреле 2022 г. по гидробиологическим показателям нами было выбрано 4 станции вдоль русла канала с расстоянием между ними около 400–500 м.

На момент отбора проб на канале наблюдалось умеренное наполнение русла, прозрачность воды составляла 0,35–1,2 м (по диску Секки); характер донных отложений – темно-серый ил с наносами песка и глины. В прибрежной зоне канала отмечены заросли тростника обыкновенного – *Phragmites communis* и рогоза широколистного – *Typha latifolia*. Заросли погруженных макрофитов представлены отдельными скоплениями хары – *Chara* sp. – 70–80%, рдестом гребенчатым – *Potamogeton crispus* – 10–15%) – и урутью колосковой – *Meriophyllum spicatum* – 10–15%. Температура воды составила 23 °С, а минерализация воды – 0,5 г/л.

Пробы зоопланктона отбирались с помощью малой конической сети Джели ($d = 14$ см, размер газа № 72); пробы фитопланктона – с помощью батометра Палласа с глубины продукционного слоя до 1 м; пробы зообентоса – с помощью дночерпателя Петерсона ($0,25 \text{ м}^2$) с середины русла канала и скребком – в прибрежной части. Весь гидробиологический материал обрабатывался согласно общепринятым методикам [1–3].

Фитопланктонные сообщества. В результате исследования нами обнаружено 120 видов, разновидностей и форм водорослей, из которых сине-зеленых (*Cyanophyta*) – 10 видов, диатомовых (*Bacillariophyta*) – 88 видов, зеленых (*Chlorophyta*) – 17 видов, золотистых (*Chrysophyta*) – 3 вида, динофитовых (*Dinophyta*) – 2 вида.

Доминантный комплекс фитопланктонных сообществ ЮГК был представлен, в основном, продуцентами. Диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*) по таксономическому разнообразию занимали доминирующее положение в фитопланктоне исследованных участков ЮГК – 73,33% от общего числа видов, форм и разновидностей. Представлены были диатомеи, в основном, широко распространенными пресноводными о-, о-б-, б- сапробными планктонными формами из родов *Melosira*, *Cyclotella*, *Synedra*, *Fragilaria*, *Diatoma* (*D. elongatum*), *Asterionella* и пресноводно-солонатоводными б-а-мезосапробными формами фитобентоса из родов *Cocconeis*, *Achnanthes*, *Amphora*, *Navicula*, *Gomphonema*, *Rhoicosphenia*, *Surirella*, а также а-б-, а-сапробными солонатоводными и солонатово-морскими видами, характерными для водоемов с несколько повышенной минерализацией воды (*Gyrosigma acuminatum*, *G. spenseri*, *Navicula kolbei*, *N. spicula*, *Hantzschia vir-*

gata, *Bacillaria paradoxa*, *Nitzschia sigma*, *N. sigmoidea*, *N. palea*, *Amphiprora paludosa* и др.). Численность диатомей в пробах колебалась от $187,500 \cdot 10^3$ кл/л до $1975,00 \cdot 10^3$ кл/л, а их биомасса составила – от 90,100 мг/л до 2832,916 мг/л.

Зеленые водоросли (*Chlorophyta*) на исследованных участках канала развивались слабо и представлены в пробах единичными экземплярами клеток. Всего в пробах отмечено 14,17% зеленых водорослей от общего числа видов, форм и разновидностей, которые в основном представлены широко-распространенными планктонными б-мезосапробными видами из родов *Ankistrodesmus*, *Oocystis*, *Chlorella*, *Chlamidomonas*, *Dictyosphaerium*, *Scenedesmus*, *Cosmarium* и др. Численность зеленых водорослей в пробах колебалась от $31,250 \cdot 10^3$ кл/л до $131,250 \cdot 10^3$ кл/л, а биомасса составила – от 4,206 мг/л до 34,075 мг/л.

С единичной встречаемостью в пробах фитопланктона отмечались также динофитовые (*Dinophyta*) и золотистые (*Chrysophyta*) водоросли, которые представлены в основном родами *Glenodinium*, *Peredinium*, *Dinopryon*, *Chromulina*. Численность золотистых водорослей колебалась от $6,250 \cdot 10^3$ кл/л до $43,750 \cdot 10^3$ кл/л, а биомасса составила – от 2,575 мг/л до 14,275 мг/л. Численность динофитовых водорослей в весенних пробах составила от $6,250 \cdot 10^3$ кл/л до $12,500 \cdot 10^3$ кл/л, а биомасса – от 2,850 мг/л до 12,638 мг/л.

Зоопланктонные сообщества. В апреле 2022 г. на станциях ЮГК обнаружено 5 видов зоопланктона: 1 вид коловраток (*Rotifera*) – *Tripleuchlanis plicata*, Levander, 1894, 2 вида веслоногих ракообразных (*Copepoda*) – циклоп *Cyclops vicinus* Uljanin, 1875 и гапктицида *Mesochra aestuarii* Gurney, 1921 и 2 вида ветвистоусых ракообразных (*Cladocera*) – *Daphnia longispina* Muller, 1785 и *Chydorus spaericus* O. F. Müller, 1776. Уровень сапробности, или органического загрязнения водоема, рассчитанный по индикаторным видам зоопланктона [4] составил от $S = 1,75-1,93$, что соответствуют по уровню сапробности β- (бета)-мезосапробной подзоне органического загрязнения. Эта подзона характеризуется присутствием токсичных веществ: аммиака и сероводорода, но кислорода еще достаточно для полного окисления органического вещества. Количественно зоопланктон ЮГК был развит незначительно; так, показатели численности находились от 150–518 экз/м³, а биомассы – от 0,9–8,95 мг/м³. Количественное развитие зоопланктона соответствовало «ультра-олиготрофному» уровню в соответствии с низкой концентрацией биогенных элементов [5].

Зообентосные сообщества. В составе зообентоса ЮГК обнаружены 21 вид организмов из 6 таксономических групп: *Odonata* – 2 вида, личинки и куколки двукрылых (*Diptera*) – 7 видов, моллюски (*Mollusca*) – 3 вида, малощетинковые черви (*Oligochaeta*) – 8 видов. Зообентос ЮГК характеризовался комплексом пресноводно-солонатоводных организмов. Основу зообентоса составила истинно донная фауна, представленная, в основном, олигохетами сем. *Tubificidae* и личинками хирономид п/сем. *Chironominae*, а также фито-

фильная фауна из зарослей высшей водной растительности, представленная стрекозами, олигохетами, моллюсками хирономидами, жуками, характерными для умеренно загрязненных вод.

В более глубоких местах, где грунт представлен темно-серым, почти черным илом, мелкозернистым песком и глиной, встречались моллюски, в основном, *Physa oculta* и хирономиды: несколько представителей рода *Chironomus*, а также *Cricotopus gr. bicinctus*, *Polypedilum scalaenum*, *Chaetocladius* sp. олигохеты родов *Paranais*, *Nais*, *Ilyodrilus*, *Tubifex*.

В количественном отношении зообентос канала развивался неравномерно. Максимальные показатели численности – 738 экз/м², наблюдались, главным образом, за счет личинок хирономид *Chironomus tumtu* и *Corynoneura scutellata* Winnertz и моллюсков *Anodonta cygnea*, *Lymnaea auricularis* Linné, *Corbicula fluminalis*. Максимальные значения биомассы – 70,9657 г/м² на одной из станций, наблюдались благодаря обильному развитию личинок стрекоз. Минимальные показатели численности и биомассы составили 127 экз/м² и 21,99 г/м² соответственно.

По индикаторным показателям зообентоса [3] исследованные станции соответствуют α -мезасапробной зоне, т.е. показатели сапробности (S) находятся в диапазоне между 3,00 до 3,50, что соответствует IV классу – «загрязненные воды».

Ихтиофауна. Видовой состав рыб на исследуемом участке канала ЮГК составил 16 видов из 7 семейств: *Cyprinidae* – 10 (аральская плотва – *Rutilus aralensis* (Berg 1918) – 3% от улова; серебряный карась – *Carassius auratus gibelio* (Bloch 1782) – 14% от улова; сазан – *Cyprinus carpio* (Linnaeus 1758) – 16% от улова; жерех – *Aspius aspius iblioides* (Kessler 1758) – 11% от улова; змееголов – *Channa argus* (Cantor, 1842); белый толстолобик – *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844) – 7% от улова; востробрюшка – *Hemiculter leucisculus* (Basilewsky, 1855); троегуб – *Opsariichthys uncirostris amurensis* (Temminck & Schlegel, 1846) – 3% от улова; глазчатый горчак – *Rhodeus ocellatus* (Kner, 1866); амурский чебачок – *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel, 1846); аральская шиповка – *Sabanejewia aralensis* (Kessler, 1877)). Остальные семейства включают по одному виду: *Percidae* судак – *Sander lucioperca* (Linnaeus 1758) – 32% от улова, *Siluridae* сом – *Silurus glanis* (Linnaeus 1758) – 10% от улова, *Poeciliidae* гамбузия – *Gambusia affinis hoolbroki* (Baird & Girard, 1853), *Gobiidae* амурский лжепескарь – *Abbottina rivularis* (Basilewsky, 1855), *Cottidae* бычок – *Rinogobius* sp. (Gill 1859).

Из 10 видов рыб, внесенных в Красную книгу Узбекистана, нами был обнаружен 1 вид – аральская шиповка – *Sabanejewia aralensis* (Kessler, 1877).

Мы выделили 2 стрессовых фактора, влияющих на уменьшение численности редких видов рыб, при строительстве ТЭЦ на ЮГК – повышение средней температуры воды и попадание рыб в водозаборные устройства.

Библиографический список

1. Баринаова С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразии водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив : Pilies Studio, 2006. 498 с.
2. 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. АН СССР Л. : Наука, 1984. 60 с.
3. Тальских В. Н. Методы гидробиологического мониторинга водных объектов региона Центральной Азии // Рекомендации РУз 52.25.32-97. Ташкент : Узгидрометрология, 1997. С. 24.
4. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод // Приложение 1: Индикаторы сапробности. М. : СЭВ, 1976. 185 с.; Приложение 2: Атлас сапробных организмов. М. : СЭВ, 1977. 227 с.
5. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2007. 395 с.
6. Макрушин А. В. Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения. Л. : Наука, 1974. 60 с.

ОБНАРУЖЕНИЕ АЭРОМОНАД И КОЛИФОРМНЫХ БАКТЕРИЙ В ВОДЕ ПРИПЛОТЕННОГО УЧАСТКА ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

М. А. Морозова^{1,2}, Д. А. Седова^{1,3}

¹ ФБУН «Ростовский НИИ микробиологии и паразитологии»

Роспотребнадзора,

² Донской государственной технической университет, morozova.q@mail.ru

³ Южный федеральный университет, darsedova@sfnu.ru

Представлены результаты бактериологических исследований воды акватории приплотинного участка Цимлянского водохранилища, выполненные в августе 2022 г. Пробы воды были проанализированы по четырем нормируемым показателям (обобщенные колиформные бактерии (ОКБ), *E. coli*, энтерококки, сальмонеллы), а также изучен видовой состав ОКБ и аэромонад. Установлено, что вода из водозабора и в зонах рекреации не соответствовала нормативным требованиям по показателю ОКБ, а в районе городского пляжа количество кишечных палочек превысило норму в 2,3 раза. Уровень содержания аэромонад (*Aeromonas veronii*, *A. hydrophila*, *A. jandaei*) был достаточно высоким, в среднем по водоёму – 38 тыс. КОЕ/100 мл с максимальными значениями в районе ГЭС – 105 тыс. КОЕ/100 мл.

Ключевые слова: вода, обобщенные колиформные бактерии, аэромонады, кишечные палочки, водохранилище.

Цимлянское водохранилище было создано в 1952-1953 гг. при сооружении Цимлянской ГЭС в русле реки Дон на территории Ростовской и Волгоградской областей. Приплотинная часть (Приплотинный плёс) водохранили-

ща занимает пойму Нижнего Дона от хутора Кривского до плотины Цимлянской ГЭС. Это одна из наиболее обширных акваторий из четырех плёсов водохранилища.

Цимлянское водохранилище является водным объектом многоцелевого использования и важнейшим звеном системы технического водопользования бассейна Нижнего Дона. На его территории сложился водохозяйственный комплекс, включающий в себя Волгодонскую АЭС, Цимлянскую ГЭС, порты в гг. Волгодонск и Калач-на-Дону, нефтебазы, рыболовецкие хозяйства и т. д. Негативные тенденции современного состояния водохранилища проявляются в заиливании части его полезного объема, высоком уровне загрязненности донных отложений тяжелыми металлами и значительной трофности, что способствует повышенному развитию цианобактерий [1, 2]. Наблюдается высокая рекреационная нагрузка и загруженность антропогенными объектами, в особенности это касается Калачевского, Цимлянского, Городищенского районов и г. Волгодонска. Также отмечается загрязнение водохранилища сточными водами от сосредоточенных и диффузных источников (как расположенных в акватории водохранилища, так и в его водоохраной зоне), несанкционированный сброс подсланевых вод и чрезмерная рекреационная нагрузка при отсутствии достаточно развитой инфраструктуры, что становится самым существенным источником бактериального загрязнения воды [3–6].

Показано, что качество воды акватории Цимлянского водохранилища по результатам многолетнего санитарно-бактериологического мониторинга характеризовалось высоким уровнем содержания санитарно-показательных, потенциально патогенных и патогенных микроорганизмов. Частота выделения общих колиформных бактерий (ОКБ), глюкозоположительных колиформных бактерий (ГКБ) и клебсиелл составляла 100%, термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ) – 74,7–83,4%, синегнойных палочек – 77,7–85,7% и сальмонелл – 50,7–65%. Видовой состав показателей ОКБ и ТКБ в основном был представлен клебсиеллами, которые оказались наиболее жизнеспособными в воде. Кроме того, преобладание ГКБ связывали с активным биоценозом в водохранилище, особенно в летний период при «цветении» воды, что оказывает антагонистическое действие на лактозоположительные кишечные палочки. Высокой степенью микробной контаминации характеризовалась вода приплотинного участка, так как в этой части водохранилища сосредоточены основные населенные пункты данного региона (г. Волгодонск, г. Цимлянск и несколько станиц). При этом уровень содержания микрофлоры в воде приплотинного участка был заметно ниже по сравнению с верхним участком [7–9].

Материалом для исследований служили пробы воды приплотинного участка Цимлянского водохранилища в районах водозабора, ГЭС, судового хода и зон рекреации, отобранные согласно ГОСТ 31942-2012 «Вода. Отбор проб на микробиологический анализ». Исследования проводились в августе 2022 г. согласно МУК 4.2.1884-04 и с применением методики

(МР № 01-19/98-17), разработанной сотрудниками ФБУН «Ростовский НИИ микробиологии и паразитологии».

Для выделения и количественного определения сальмонелл использовали магниевую среду, для учета аэромонад – 1% пептонную воду с содержанием 2% хлорида натрия, кишечную палочку и энтерококки выделяли на среде накопления по МР № 01-19/98-17. При наличии в посевах помутнения и газообразования или только помутнения в средах накопления, осуществляли посев на дифференциально-диагностические среды: Эндо, XLD-агар (ФБУН ГНЦ ПМБ Оболенск, Россия), *Aeromonas Isolation Medium Base*, ХайХром универсальная среда для дифференциации (HiMedia Laboratories, Индия).

Видовую идентификацию и таксономическую классификацию бактерий выполняли с помощью тест-систем: НЕФЕРМтест 24 (Erba Lachema, Чехия), «Мультимикротесты для биохимической идентификации энтеробактерий (ММТ Е24)» (Иммунотэкс Ставрополь, Россия), OXItest (Erba Lachema, Чехия).

Для видовой идентификации выделенных бактерий использовали масс-спектрометрический анализ MALDI-TOF MS (Bruker Daltonics, Германия).

Анализ полученных данных показал, что в воде приплотинного участка Цимлянского водохранилища видовой состав ОКБ был представлен *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter kobei*, *Klebsiella pneumoniae*, аэромонад – *Aeromonas veronii*, *A. hydrophila*, *A. jandaei*.

Кишечные палочки обнаружены в воде зон рекреации и в районе ГЭС с превышением этого показателя в районе городского пляжа. Средний индекс ОКБ по водоёму составил 7200 КОЕ/100 мл. При этом количество бактерий рода *Aeromonas* превышало численность ОКБ в среднем в 5 раз. Кроме того, в районе ГЭС установлено максимальное содержание ОКБ (24000 КОЕ/100) и аэромонад (105000 КОЕ/100).

Источником питьевого водоснабжения г. Цимлянска служит, в основном, береговой водозабор из р. Дон в районе нижнего бьефа Цимлянского гидроузла. Кроме того, часть воды поступает из Цимлянского водохранилища, фильтруясь через тело плотины (дренажная вода) и из подземных скважин, гидравлически связанных с водохранилищем. Цимлянский водозабор расположен на относительно чистом по микробиологическим показателям участке р. Дон. Тем не менее, за проведенный период исследований вода из водозабора не соответствовала нормативным требованиям по показателю ОКБ, а содержание кишечных палочек было в пределах нормируемых значений. При этом количество аэромонад превышало уровень ОКБ в 5,4 раза (табл.).

Особого внимания заслуживают бактерии рода *Klebsiella*. Они включены в 2011 г. ВОЗ по контролю качества воды в перечень микроорганизмов, которые могут обуславливать кишечные инфекции с водным фактором передачи [10]. Частота выделения клебсиелл в воде приплотинного участка составила 100 %, что согласуется с данными предыдущих бактериологических исследований воды Цимлянского водохранилища [7–9].

**Санитарно-бактериологическая характеристика воды
приплотинного участка Цимлянского водохранилища, август 2022 г.**

Место отбора	Индекс, КОЕ/100 мл				Сальмонеллы НВЧ/1000 мл
	ОКБ	<i>E. coli</i>	Энтерококки	Аэромонады	
Водозабор	1300	23	н/о ¹	7000	н/о
Городской пляж	7000	230	н/о	24000	н/о
Пляж т/б «Чайка»	2400	23	н/о	24000	н/о
Судовой ход	1300	н/о	н/о	7000	н/о
В районе ГЭС	24000	23	н/о	105000	н/о

В связи с тем, что виды *A. hydrophila*, *A. caviae* и *A. sobria* являются факультативными патогенами у людей с ослабленным иммунитетом, также доказана возможность инфицирования *A. hydrophila*, *A. caviae*, *A. jandaei*, *A. veronii* здоровых людей, повышение уровня аэромонад в водных экосистемах в теплое время года увеличивает риск заражения организма человека этими бактериями [11, 12].

В конечном счете, распространение определенного возбудителя, как любого биологического вида, зависит от наличия необходимых биотических и абиотических условий [12]. Так, благодаря адаптационным возможностям аэромонад, в частности, выживанию в слабощелочной среде и устойчивости к дезинфицирующим средствам [13, 14], уровень их содержания в воде водохранилища был достаточно высоким. Проведенные исследования приходились на период активной вегетации цианобактерий, что привело к смещению значения рН в щелочную сторону. Это подтверждается данными, полученными для рН воды всех вертикалей, которые по этому показателю относятся к 5 классу (грязные) [1].

Результаты бактериологических исследований свидетельствуют не только о рисках заболеваний, связанных с циркуляцией кишечной палочки и клебсиелл в воде приплотинного участка, но и бактерий рода *Aeromonas*, уровень содержания которых был выше ОКБ в среднем в 5 раз.

В связи с постоянным антропогенным воздействием урбанизированных территорий на Цимлянское водохранилище, активным использованием его для рекреации и в качестве водоисточника требуется систематическое санитарно-бактериологическое исследование воды водохранилища.

Библиографический список

1. Бакаева Е. Н., Игнатова Н. А. Качество вод приплотинной части Цимлянского водохранилища в условиях цветения сине-зеленых микроводорослей // Глобальная ядерная безопасность. 2013. № 1 (6). С. 23–28.
2. Бакаева Е. Н., Игнатова Н. А., Тарадайко М. Н. Биодиагностика качества вод и донных отложений приплотинной части Цимлянского водохранилища // Водохранилища Российской Федерации: современные экологические проблемы, состояние, управление : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Новочеркасск : Лик, 2019. С. 355–361.
3. Оценка антропогенной нагрузки на водоохранную зону Цимлянского водохранилища/ Л. А. Беспалова, Г. И. Скрипка, О. В. Ивлиева, Д. С. Швец // Известия высших учеб-

ных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2018. № 3. (199). С. 69–75. doi: 10.23683/0321-3005-2018-3-69-75

4. Лобойко В. Ф., Зубов И. А. Роль факторов среды и антропогенного воздействия в формировании современной экосистемы Цимлянского водохранилища // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2009. № 2. С. 26–31.

5. Бакаева Е. Н., Игнатова Н. А., Черникова Г. Г. Экзотоксичность вод приплотинного участка Цимлянского водохранилища // Глобальная ядерная безопасность. 2012. № Спецвыпуск (3). С. 5–11.

6. Актуальность гигиенической оценки источников водоснабжения Ростовской области / В. В. Фриева, А. С. Калюжин, Е. С. Малыхина, М. А. Кулак // Современные аспекты профилактики заболеваний : сб. материалов III Межрег. с междунар. участием науч.-практ. конф. Самара, 2019. С. 350–353.

7. Санитарно-бактериологическая характеристика воды Цимлянского водохранилища / П. В. Журавлев, В. В. Алешня, О. П. Панасовец, В. А. Гордеев, И. П. Казачок, Т. Н. Черногорова // Здоровье населения и среда обитания. 2012. № 4. С. 8–11.

8. Мониторинг бактериального загрязнения водоемов Ростовской области / П. В. Журавлев, В. В. Алешня, С. В. Головина, О. П. Панасовец, Е. А. Недачин, Ю. Г. Талаева и др. // Гигиена и санитария. 2010. № 5. С. 35–38.

9. Анализ многолетнего наблюдения (2011–2016 гг.) за динамикой распространения санитарно-показательных патогенных и потенциально патогенных бактерий в воде Цимлянского водохранилища / В. В. Алешня, П. В. Журавлев, О. П. Панасовец, К. В. Евдокимов и др. // Актуальные вопросы диагностики и профилактики инфекционных и паразитарных заболеваний на юге России. 2016. С. 12–16.

10. WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th ed. Vol. 1: Recommendations. Geneva : World Health Organizations, 2011.

11. Batra P., Mathur P., Misra M. C. *Aeromonas* spp.: An Emerging Nosocomial Pathogen // Journal Lab Physicians. 2016. P. 1–4.

12. Ларцева Л. В., Обухова О. В. Природные очаги сапронозов в гидроэкосистеме Волго-Каспийского региона // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1–8. С. 2137–2139.

13. Chamorey E., Forel M., Drancourt M An in-vitro evaluation of the activity of chlorine against environmental and nosocomial isolates of *Aeromonas hydrophila* // Journal Hosp. Infect. 1999. Vol. 41(1). P. 45–49. doi: 10.1016/s0195-6701(99)90036-1

14. Морозова М. А. Экологические особенности формирования микробиоценоза рыб Таганрогского залива Азовского моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08. Ростов-на-Дону, 2017. 24 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ЦИАНОБАКТЕРИЙ В ЭВТРОФИРОВАННЫХ ВОДОЕМАХ

М. Г. Кургузкин¹, П. М. Кургузкин²

¹ *Автономное учреждение «Управление Минприроды УР»,
mgk@minpriroda-udm.ru*

² *Ижевский государственный технический университет
имени М. Т. Калашикова, 18kpm@mail.ru*

Отмечено, что ускоренная эвтрофикация слабопроточных водоемов, как элементов природно-технических систем, приводит к перестройке альгоценозов в сторону преобладания цианобактерий. Прогнозирование численности последних на основе моделей, связывающих рост цианобактерий с внешними и внутренними параметрами водоема, затруднено в связи с множественностью и скрытым характером указанных параметров. Показана возможность прогнозирования изменения численности цианобактерий на основе нейросетевого моделирования.

Ключевые слова: природно-техническая система, эвтрофикация водоемов, цианобактерии, мониторинг, метод главных компонент, нейронные сети.

Промышленное освоение Западного Предуралья во второй половине XVIII века привело к возникновению крупных заводских прудов (водохранилищ), созданных для производственных нужд. До появления паровых машин и электричества напор воды, создаваемый плотинами, приводил в движение элементы машин и механизмов, используемых в технологических процессах. Со временем водохранилища утратили «производственные» функции и превратились в элементы природно-технических систем [1, 2], образовавшихся на территориях в процессе промышленной и жилой застройки.

Утрата «производственных» функций привела к снижению кратности водообмена, что наряду с возросшим антропогенным и техногенным воздействием явилось одним из факторов ускоренной эвтрофикации водоемов.

Избыточное поступление органических веществ от внешних источников, а также органики, продуцируемой самой экосистемой, привело к ускорению естественных сукцессионных процессов. Негативным проявлением этого процесса является так называемое «цветение» водоемов, возникающее в периоды резкого увеличения численности таких представителей альгофлоры, как цианобактерии. Последние резко ухудшают органолептические показатели воды, а также представляют опасность для человека, особенно при попадании в организм. Цветение водоемов, являющихся источниками питьевого водоснабжения, приводит к необходимости включения в процесс водоподготовки дорогостоящих реагентов.

В подобной ситуации актуальной задачей является прогнозирование численности цианобактерий. Сложность построения математических моделей, связывающих численность (или биомассу) цианобактерий с внешними и внутренними параметрами природно-технической системы, объясняется большим числом явных и неявных факторов, в том числе случайной природы, определяющих динамику процесса развития цианобактерий. В этом случае эффективным средством прогнозирования могут стать нейронные сети, обученные на результатах экологического мониторинга водных объектов, включающего наряду с определением концентраций загрязняющих веществ, определение биомассы и численности представителей альгоцианофлоры. Ниже представлены результаты этого подхода применительно к Ижевскому водохранилищу на реке Иж.

Ижевское водохранилище было создано в 60-х годах XVIII века как искусственный водоем для нужд железодельного производства. В настоящее время оно является многофункциональным объектом: источником питьевого водоснабжения населения города Ижевска, объектом рекреации и любительского рыболовства, основным элементом региональной природно-технической системы.

Площадь зеркала водоема при отметке нормального подпорного уровня составляет 21,24 км², объем – 79,45 млн м³. Количество сосредоточенных выпусков в водоем незначительно, водохранилище аккумулирует в основном поверхностный сток с промышленной и селитебной территории, а также загрязнения, поступающие с притоками.

Комплексные мониторинговые исследования по оценке уровня загрязнения и состояния альгоценозов Ижевского водохранилища проводились в 2010–2012 годах. Расположение точек пробоотбора на акватории показано на рисунке 1.

Пробы поверхностной воды отбирались ежемесячно в период с мая по октябрь. В лабораторных условиях определялись органолептические показатели воды: температура, цветность, прозрачность, а также химические показатели воды: рН, растворенный кислород, ХПК, БПК, фосфор общий, фосфат-ион, нитрат-ион, аммоний-ион, сульфат-ион, железо общее, марганец, медь, кальций, взвешенные вещества.

В пробах определялись также общая численность и биомасса фитопланктона в целом, численность и биомасса цианобактерий, диатомей, зеленых, эвгленовых и пиррофитовых водорослей [3].

Для предварительного анализа данных по концентрациям загрязнителей использовался метод главных компонент [4], который позволил снизить размерность массива исходных данных до 4 главных факторов при описании не менее 80% изменчивости выборки результатов анализов. В силу ортогональности главных факторов они использовались как проекции на оси главных направлений при построении интегрального векторного параметра [5], обозначенного далее P_v . Таким образом, без потери информативности описание загрязненности воды в точках акватории удалось свести к единственному

векторному параметру. В дальнейшем модуль вектора P_v использовался в качестве одного из предикторов на входе нейронной сети.

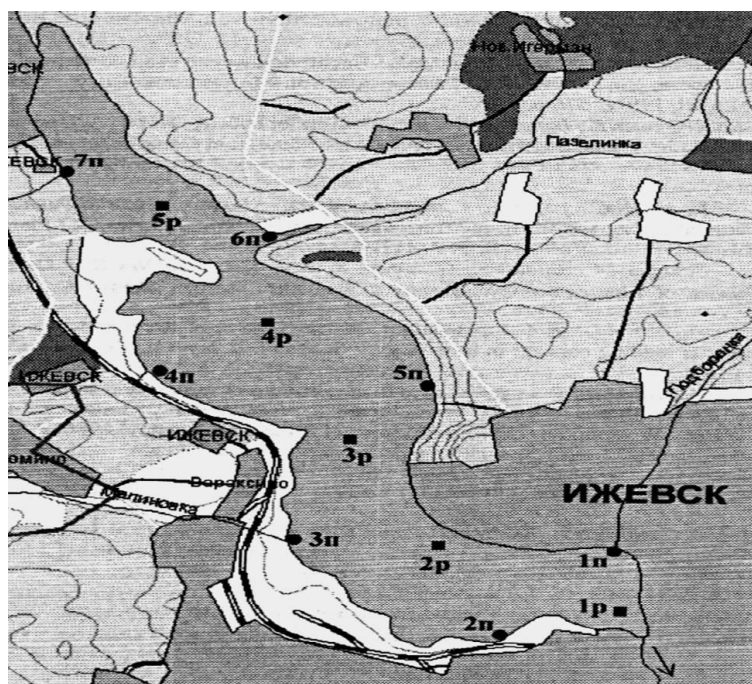


Рис. 1. Расположение точек пробоотбора на акватории Ижевского водохранилища (п – прибрежные, р – русловые точки)

Другими входными параметрами нейронной сети (рис. 2) являются координаты точки x и y , средние значения температуры и осадков в месяце пробоотбора, а также код месяца: от 1 до 12.

Собственно нейронная сеть построена в виде классического перцептрона с двумя скрытыми слоями с 21 и 9 нейронами соответственно. В качестве функции активации использовалась сигмоида. Количество нейронов в скрытых слоях подбиралось исходя из минимизации ошибки описания обучающей выборки. Выходным параметром нейросети является численность цианобактерий N в тысячах клеток на мл пробы.

В качестве обучающей выборки использовались результаты мониторинга 2010 г. и данные о температуре и осадках в периоды (месяцы) пробоотбора. Для обучения нейросети и последующего прогнозирования численности цианобактерий использовалась программа NeuroExcel [6].

На основе обученной нейросети осуществлено прогнозирование численности цианобактерий в 2011 г. На рисунке 3 приведены графики фактической численности цианобактерий – N_f и численности, полученной с помощью нейросети – N_c . Поскольку в 2011 г. пробоотбор осуществлялся в 7 прибрежных точках, с целью упрощения рисунка по оси абсцисс используется сквозная нумерация: каждые 7 точек соответствуют отдельному месяцу пробоотбора.

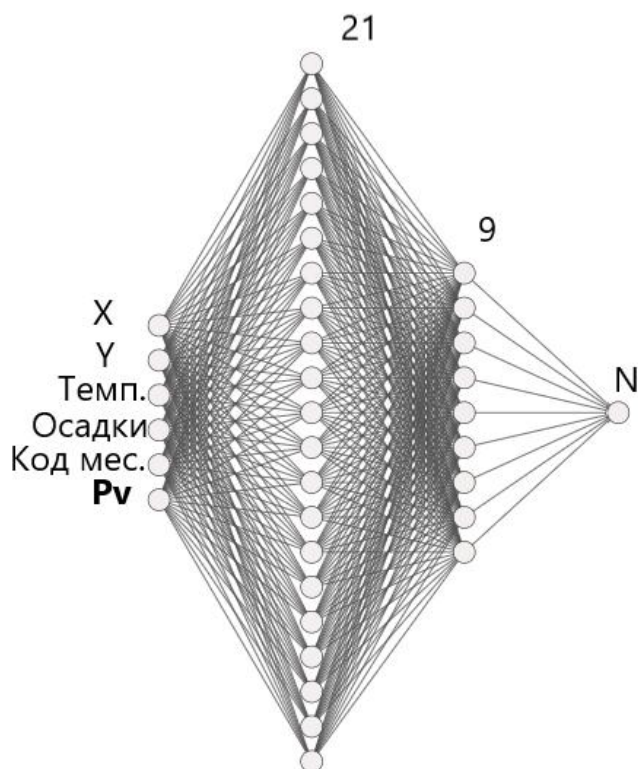


Рис. 2. Архитектура используемой нейросети

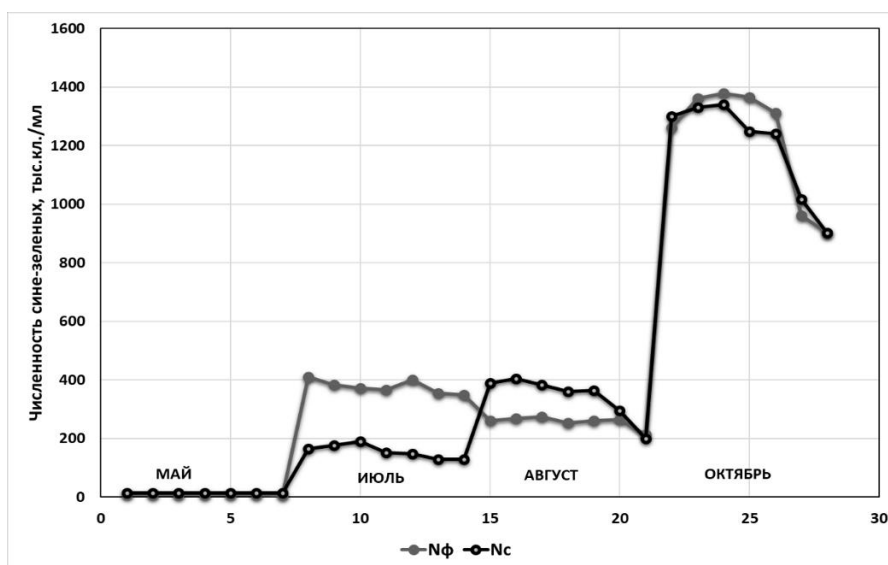


Рис. 3. Изменение численности цианобактерий по месяцам

Как следует из рисунка 3, несмотря на нерегулярный (скачкообразный) вид графика, нейронная сеть в целом корректно прогнозирует численность цианобактерий и ее динамику. Повышение точности прогноза возможно за счет дальнейшей оптимизации нейронной сети на основе анализа и выбора оптимального набора предикторов и параметров архитектуры сети. Кроме этого, важнейшим инструментом повышения эффективности нейросетевого моделирования является постоянное обучение сети в процессе мониторинга водных объектов.

Библиографический список

1. Суздалева А. Л. Создание управляемых природно-технических систем. М. : ООО ИД ЭНЕРГИЯ, 2016. 160 с.
2. Исаев С. В. Концепция природно-технических систем и ее использование при изучении антропогенной трансформации природной среды // Географический вестник. 2016. № 3 (38). С. 105–113. doi: 10.17072/2079-7877-2016-3-105-113
3. Биологические и химические эффекты антропогенного эвтрофирования Ижевского водохранилища: Монография / Б. Г. Котегов, Н. П. Аксенова, В. Ю. Захаров, Н. В. Холмогорова, К. К. Фефилова. Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2013. 178 с.
4. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. М. : Мир, 1982. 302 с.
5. Кургузкин М. Г., Кургузкин П. М. Вариант векторного критерия оценки экологического состояния территории // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров : ВятГУ, 2017. С. 25–27.
6. Описание программы NeuroExcel [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.neurotechlab.ru> (дата обращения: 06.03.2023).

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА СТАРОБЕШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Э. И. Мирненко

Донецкий национальный университет, eduard_mirnenko@list.ru

В статье представлены данные о цикле развития фитопланктона в Старобешевском водохранилище. Определён видовой состав водорослей фитопланктона. Установлены концентрации основных биогенных элементов. Наиболее характерным являлся летний период, когда наблюдалась смена доминирующих сообществ фитопланктона, что указывало на увеличенную трофическую базу в водохранилище.

Ключевые слова: фитопланктон, трофическая база, Старобешевское водохранилище, Донбасс.

Фитопланктон – это микроскопические автотрофные растительные организмы, свободно парящие в толще воды. Фитопланктон играет ключевую роль в трофической цепи водоема, являясь первичным продуцентом органического вещества, при этом его массовое развитие приводит к нарушению баланса биогенных веществ. Рост фитопланктона ограничен рядом лимитирующих климатических и физико-химических факторов. Увеличенные концентрации и соотношения азота, фосфора и кремния (N, P, Si) проявляются при антропогенном эвтрофировании, и зачастую приводят к неконтролируемым вспышкам вегетации или «цветению» фитопланктона [1].

Среднее отношение азота к фосфору в водных экосистемах с нормальной степенью развития фитопланктона составляет соотношение – 16N:1P. Считается, что данные условия возникают из-за биологического контроля,

при котором удаление биодоступного азота денитрифицирующими бактериями обеспечивает широкий отбор для развития фитопланктона, который пополняет этот важный питательный элемент, ограничивая рост остальных видов [2–8].

По соотношению азота к фосфору и кремнию возможно проследить периоды развития отделов микроводорослей. Известно, что концентрации биогенных веществ ограничивают рост и развитие фитопланктона в воде: > 3 мкгP/л для P, $> 15–30$ мкгN/л для N, $> 0,1$ мгSi/л для Si [6]. При соотношении азота к фосфору N:P менее 10 единиц лимитирующим фактором является азот, при этом, когда соотношение становится > 17 единиц, лимитирующим фактором выступает фосфор. При соотношении N:P в диапазоне 2:30 преобладают зеленые водоросли, а при N:P в диапазоне 5:10 доминируют цианобактерии [6–8], а в соотношении Si:P в пределах 6:90 доминируют диатомовые водоросли [6].

Объектом исследования является Старобешевское водохранилище находящееся на среднем течении р. Кальмиус. Водоохранилище используется в качестве охладителя для Старобешевской ТЭС. Морфометрически водохранилище имеет следующие параметры: 15 км в длину и не более 1,3 км в ширину, площадь водной поверхности составляет 900 Га, а объем – 44 млн м³. Водоохранилище имеет притоки от р. Кальмиус и р. Грузской, последняя из которых считается самой загрязненной в Европе. Также вблизи водохранилища находятся сельскохозяйственные угодья, и кроме того, водохранилище испытывает «тепловое загрязнение».

На кафедре ботаники и экологии Донецкого национального университета с 2014 г. проводится определение развития фитопланктона разнотипных водоемов бассейна р. Кальмиус [2–4].

В ходе исследования Старобешевского водохранилища 2019–2022 гг. было обнаружено 368 видов и внутривидовых таксона, которые относятся к 7 отделам, 17 классам, 39 порядкам, 59 семействам, 99 родам. Исследования показали, что фитопланктон имеет три пика развития. В зимний период численность диатомовых водорослей имела стабильный рост вследствие притока теплых вод со Старобешевской ТЭС, что приводило к вспышке «цветения» в феврале – марте, также косвенно влияло отсутствие ледостава и мягкие зимы. В это время часто возникала вертикальная стратификация, вызванная разностью температурной плотности вод, что приводило к перемешиванию и появлению восходящего потока фосфора и силикатов со дна водохранилища. Фосфор может ограничивать развитие фитопланктона в условиях, когда формируется соотношение Si:P – 6:90. В данный период численность клеток фитопланктона изменялась в диапазоне 130–180 тыс. кл/л, а биомасса составляла 0,30–0,32 мкг/л. Наиболее часто встречались виды *Nitzschia longissima* (Bréb. ex Kütz.) Grun. var. *longissima*, *Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch) W. Sm., *Synedra acus* Kütz. var. *acus*, *Melosira varians* Ag.

С увеличением продолжительности светового дня менялся характер доминирования видов, а весенняя стратификация и увеличение осадков приво-

дило к биогенному эвтрофированию водохранилища. В результате чего происходила смена альгоценозов. Зеленые водоросли выходили на доминирующее положение. Отношение концентрации N:P составляло 2:50 мкг/л. Численность фитопланктона колебалась от 220 до 480 тыс. кл/л. Биомасса составляла 0,4–0,41 мкг/л. В данный период наиболее часто встречались виды: *Oocystis lacustris* Chod., *Pediastrum duplex* Meyen var. *duplex*, *Chlorella vulgaris* Beijer., *Merismopedia glauca* (Ehrb.) Kütz. f. *glauca*, *Scenedesmus quadricauda* Kütz.

В начале лета количество клеток фитопланктона, одновременно наблюдаемых в одной пробе, увеличивалось по экспоненте. происходило из-за увеличения температуры и сокращения количества осадков, что приводило к уменьшению вертикальной стратификации водоёма и наступлению периода стагнации. Развитие летнего фитопланктона начинается с восстановления биогенов из отмершего весеннего планктона. Биогены N/P скапливались зачастую в заводях и мелководьях, что вызывало увеличенное развитие цианобактерий. Кремний, как более тяжелый элемент, оседал на дне водоема, на что указывали бентосные диатомовые. В летний период разница в соотношении N:P составляла от 0,1 до 15 мкг/л. Численность клеток варьировала в пределах от 10 тыс. кл/л до 1 млн. кл/л, а биомасса от 0,6 до 0,7 мкг/л. Наиболее распространенными видами в летний период являлись: *Dactylococcopsis raphidioides* Hansg., *Chroococcopsis chroococcoides* Geitler, *Cyanothece aeruginosa* (Näg.) Kom., *Oocystis lacustris* Chod., *Pediastrum duplex* Meyen var. *duplex*, *Chlorella vulgaris* Beijer., *Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch) W. Sm., *Synedra acus* Kütz.

Период летнего «цветения» цианобактерий зачастую заканчивался во 2 декаде октября. Увеличенное потребления доступных биогенов приводило к его последующему дефициту, вызывая уменьшение численности и биомассы зеленых и диатомовых водорослей. Осенью по мере восстановления биогенов происходило увеличение численности и биомассы только за счёт диатомовых водорослей. Численность клеток фитопланктона осенью составляла от 10 до 190 тыс. кл./л, а биомасса от 0,10 до 0,12 мкг/л. Видовой состав был практически аналогичен весеннему периоду.

Таким образом, фитопланктон в Старобешевском водохранилище развивался по циклу Свиренко. Смена видовых сообществ определялась лимитирующими биогенами, а доминирование цианобактерий в летний период свидетельствовало о высокой трофической базе и концентрации биогенов в воде.

Библиографический список

1. Винберг Г. Г. Введение // Биологическая продуктивность северных озер. 1. Озера Кривое и Круглое : Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Т. 56. Л., 1975. С. 3–9.
2. Мирненко Э. И., Касько А. А. Оценка состояния водохранилищ Донбасса по показателям степени сапробности // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 1–2. С. 12–17.

3. Мирненко Э. И., Макуха А. О. Фитопланктон как показатель экологического состояния прудов г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 44–50.

4. Мирненко Э. И., Садловская В. В. Гидрохимические особенности и формирование фитопланктона в искусственных водоемах Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 13–21.

5. Шаров А. Н. Фитопланктон холодноводных озерных экосистем под влиянием природных и антропогенных факторов : автореф. дис. ... канд. биол. наук / 03.02.10. СПб., 2020. 31 с.

6. Reynolds C. S. The ecology of phytoplankton. Cambridge : Cambridge University Press, 2006. 535 p.

7. Smith V. H. Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton // Science. 1983. Vol. 221. P. 669–671.

8. Tilman D. Resource competition between planktonic algae: an experimental and theoretical approach // Ecology. 1977. Vol. 58. P. 338–348.

ИЗУЧЕНИЕ ПЛАНКТОННОЙ АЛЬГОФЛОРЫ РЕК КОЛОГРИВСКОГО УЧАСТКА ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМЕНИ М. Г. СИНИЦЫНА

Б. Асеро, А. С. Дюкова

*Костромской государственный университет,
annadyukova.kgu@mail.ru; kaf_bio@ksu.edu.ru; aserobea@mail.ru*

В статье приводятся данные исследования планктонной альгофлоры рек Сеха, Талица, Ломенга, Понга «Государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына», проведен таксономический анализ фитопланктона, приводятся данные по численности и биомассе, составлен флористический список обнаруженных родов водорослей.

Ключевые слова: государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, малые реки, фитопланктон, альгофлора, водоросли.

Заповедник располагается в северо-восточной части Русской равнины. Планктонная альгофлора малых рек государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына с момента его создания изучена недостаточно. Изучение автотрофного звена водных экосистем является неотъемлемой частью гидроэкологических исследований, поскольку функционирование экосистемы в целом в значительной степени определяется состоянием фитопланктона. Водоросли образуют в водных экосистемах начальное звено трофической цепи и, в связи с этим, несут большую функциональную нагрузку. Они используются в качестве биоиндикаторов для оценки качества воды и общего состояния экосистем [1].

Отбор проб происходил летом 2022 г. с использованием планктонной сети по общепринятой методике [2, 3] на 4 реках: Сеха, Понга, Ломенга и Талица. Пробы исследовались как в фиксированном, так и в живом виде. Обработка проб производилась в лаборатории с использованием микроскопа Биомед – 3.

Всего в ходе исследований в изучаемых реках были обнаружены представители 23 родов водорослей, относящихся к 3 отделам: Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta (рис. 1).

Наибольшее разнообразие по результатам исследования было обнаружено в реке Сеха. В ней было встречено 18 родов водорослей, из которых 2 рода относятся к Cyanophyta, 7 родов к отделу Bacillariophyta и 9 родов к отделу Chlorophyta.

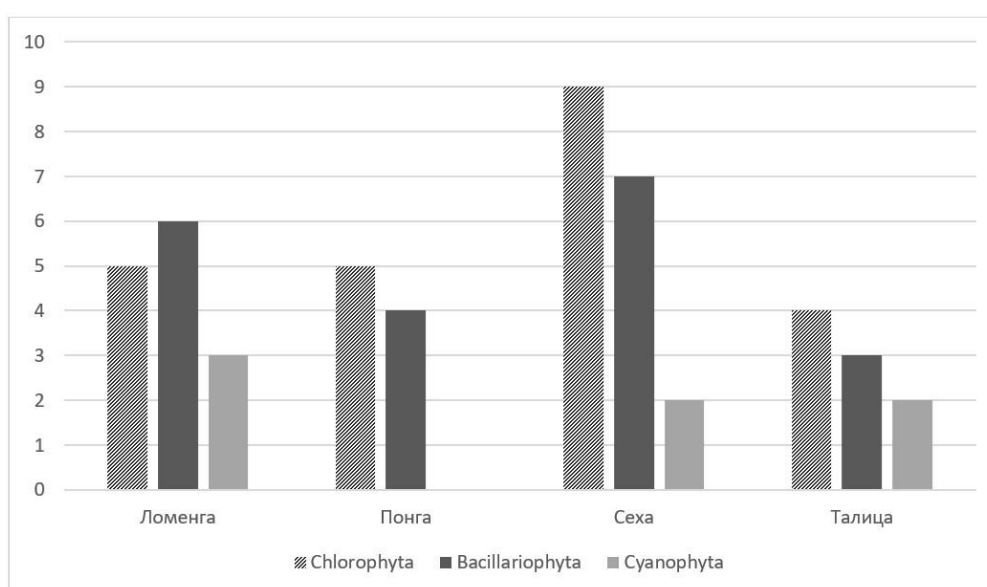


Рис. 1 Число родов фитопланктона в каждой из исследованных рек

В реке Ломенга были обнаружены представители 14 родов водорослей. Cyanophyta был представлен 3 родами, Bacillariophyta – 6 родами, Chlorophyta – 5 родами.

Наименьшее количество представителей фитопланктона было обнаружено в реках Понга и Талица. В Понге было обнаружено всего 9 родов, отдел Chlorophyta был представлен 5 родами, Bacillariophyta – 4 родами, и совсем отсутствовали представители Cyanophyta.

Такое же число родов было обнаружено и в реке Талица. Cyanophyta представлен 2 родами, Bacillariophyta – 3 родами, Chlorophyta – 4 родами.

Кроме исследования биоразнообразия были исследованы и количественные характеристики фитопланктона: численность и биомасса (рис. 2).

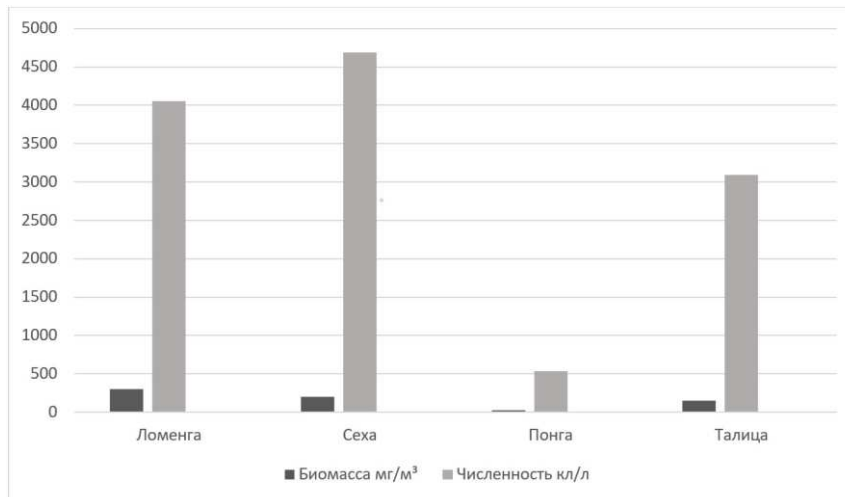


Рис. 2. Общие численность и биомасса фитопланктона в исследованных реках

Общая численность фитопланктона в реке Ломенга составляла 4053 кл/л. Наибольшей численностью в период исследования отличались представители отдела Chlorophyta, численность которых составляла 54% от общей численности. Общая биомасса фитопланктона составила 297,3 мг/м³. Основной вклад в биомассу фитопланктона также внесли представители Chlorophyta, биомасса которых составляла 81% от общей биомассы.

На реке Понга численность фитопланктона составляла 533 кл/л. Здесь численность в основном была сформирована диатомовыми водорослями, и в особенности родом *Pinnularia*, численность которого составляла 49% от общей численности фитопланктона. Биомасса фитопланктона в реке Понга составляла 21,3 мг/м³, что является наименьшим результатом среди всех исследованных рек. Основной вклад в биомассу внесли представители отдела Chlorophyta (62%).

Численность фитопланктона в реке Сеха составляла 4692 кл/л. Наибольшей численностью характеризовались представители отдела Bacillariophyta (44%). Биомасса фитопланктона в этой реке составляла 198,9 мг/м³, основной вклад в биомассу внесли представители отдела Chlorophyta (61%).

На реке Талица численность представителей фитопланктона составляла 3091 кл/л. Наибольшую численность имели представители отдела Bacillariophyta (67%). Биомасса фитопланктона на реке Талица составила 153,8 мг/м³, основной вклад в биомассу внесли представители отдела Chlorophyta (54%).

Во всех изучаемых реках наибольшей численностью характеризовались представители отдела Bacillariophyta, в частности, род *Pinnularia* (рис. 3).

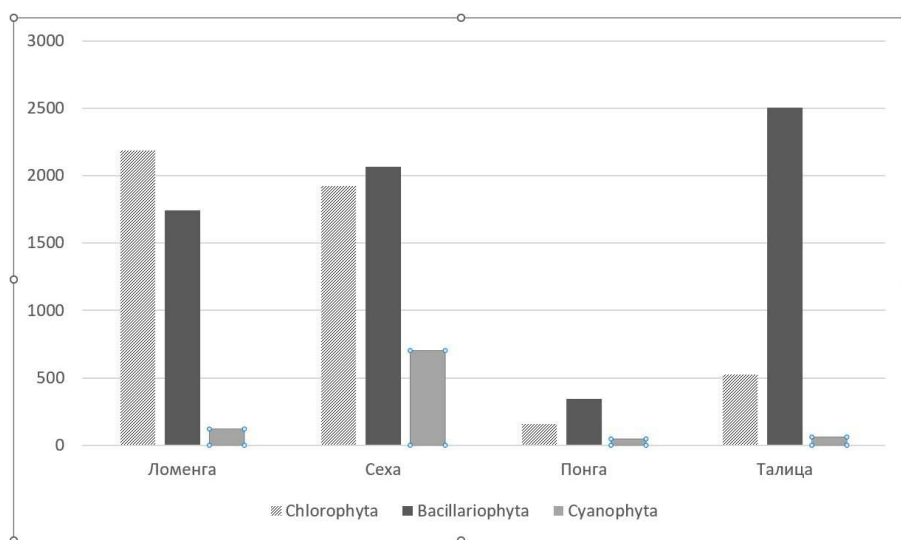


Рис. 3. Численность представителей разных отделов фитопланктонных организмов (кл/л) в исследованных реках

По результатам исследования в летний период 2022 г. был составлен флористический список планктонной альгофлоры.

Библиографический список

1. Алимов А. Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб. : Наука, 2000. 147 с.
2. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона : методическое руководство. М. : Университет и школа, 2003. 157 с.
3. Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М. : Изд-во Московского университета, 1979. 168 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ЗООБЕНТОСА РЕКИ УХТА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ БЫВШЕГО РАДИЕВОГО ПРОМЫСЛА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

Н. Г. Рачкова, М. А. Батурина, О. В. Раскоша
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, rashkova@ib.komisc.ru

Проведено рекогносцировочное исследование структуры и разнообразия донной фауны в р. Ухта в непосредственной близости от двух пойменных локальных участков, загрязненных радием-226 (Ухтинский район Республики Коми). На основе анализа состава зообентоса, химического состава воды и донных отложений оценена современная экологическая обстановка в речной экосистеме. Высказано предположение об отсутствии напряженности в ее текущем состоянии, связанном с влиянием объектов радиевого промысла.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, радиевый промысел, речные воды, донные отложения, радий-226, зообентос.

Актуальность работы вызвана необходимостью мониторинга и защиты окружающей среды от радиоактивных загрязнений. В настоящее время экологический мониторинг водных объектов в радиоактивно загрязнённых районах преимущественно сосредоточен на определении содержания радионуклидов в абиотических компонентах водоемов. Гораздо реже внимание радиоэкологов привлекают водные организмы, в частности оценка состояния импактных экосистем по показателям развития фитопланктона, бактериопланктона, зоопланктона, зообентоса, что обусловлено сложностями сопоставления и высокой изменчивостью показателей при проведении долговременных исследований. Между тем, информация о концентрации радионуклидов в абиотических компонентах экосистемы неполно характеризует реальную радиационную нагрузку на биоценоз и не позволяет прогнозировать возможные негативные изменения в гидробиоценозах [1]. Эти задачи могут быть осуществлены при включении гидробиологических исследований в комплекс экологического мониторинга на радиоактивно загрязненных территориях.

Целью работы является рекогносцировочное исследование структуры и разнообразия донной фауны в р. Ухта в непосредственной близости от двух пойменных локальных участков в Ухтинском районе Республики Коми, загрязненных радием-226. На основе анализа состава зообентоса, химического состава воды и донных отложений будет оценено современное экологическое состояние реки в зоне влияния производственных объектов бывшего промысла по добыче радия.

Отбор гидробиологических проб производили гидробиологическим скребком (длина лезвия 30 см, размер ячеек капронового сита – 0,16 мм). После промывки пробы фиксировали 4%-ным водным раствором формальдегида и далее обрабатывали стандартными методами. Во всех пунктах отбора проводили также сопряженный отбор проб воды и донных отложений. Условия отбора: температура воздуха 24 °С, солнечно, без дождя. Скорость течения речной воды составляла около 6 м/с.

Нами было установлено, что на исследуемых локализациях, характеризующихся радиационным фоном до 1100 мкР/ч, радий-226 является основным загрязнителем почвы. Содержание радия в ее верхнем слое (0–40 см) в пойме р. Ухта в настоящее время варьирует от фоновых значений до величин, в десять тысяч раз превышающих фон, несмотря на поэтапную реализацию масштабных реабилитационных мероприятий [2]. Они проводилась в 1962 г. путем нанесения на дневную поверхность песчано-гравийной смеси. Это временно снизило радиационный фон, но не исключило поступление радия с загрязненных территорий в гидрографическую сеть. В 2014–2015 гг. в рамках федеральной программы был проведен второй этап реабилитации, заключавшийся в консервации хранилища радиоактивных отходов (РАО) путем сооружения геохимических и физических барьеров для миграции поллютантов в окружающую среду. После проведения консервации в отношении радиоэкологического состояния р. Ухта в створе объектов радиевого промысла нами установлено снижение содержания радионуклида в грунтовых водах

прибрежной речной полосы. Многолетними наблюдениями также подтверждено, что во всем импактном речном створе вода отвечает требованиям норм радиационной безопасности по содержанию радия (табл.). В ней доминируют взвешенные формы его нахождения, а среди растворимых органических соединений радия преобладают фульвокислотные группы соединений.

Удельная активность радия-226 в речной воде варьирует от 0,02 до 0,04 Бк/л при фоновом значении показателя ($0,012 \pm 0,008$ Бк/л). Согласно данным наблюдений в фоновых образцах речной воды в разные годы в мае-июне обнаруживали гидрокарбонатов до 151, сульфатов – 98, фосфатов – 0,04, кальция – 80 мг/л. Для импактного створа реки ниже по течению и на уровне стоков с территорий бывшего радиевого промысла были характерны содержания этих компонентов, а также магния, натрия, калия, железа, органического вещества с кратностью превышения над фоновыми значениями до 3 раз. Показано, что удельная активность поллютанта в импактных речных осадках превышает среднефоновое значение (0,3–0,18 против 0,2 мБк/г). В створах загрязненных участков наиболее активна седиментация радионуклида в подвижных и маломобильных формах нахождения.

Таблица

**Краткая характеристика образцов воды на исследуемом створе
р. Ухта**

Точки пробоотбора	Характеристика	Измерения кондуктометром		рН	Удельная активность радия-226 в воде, Бк/л
		Т, °С	Н, мкСм/см		
1	вблизи бывшего химического завода № 3, устье р. Чуть; в 4,5 км ниже по течению от объекта консервации хранилища РАО, глубина 0,3 м	22,1	331	7,8	0,016–0,022
2	вблизи от стока мелиоративной канавы бывшего химического завода №3, в 4,8 км ниже по течению от объекта консервации хранилища РАО, глубина 0,4 м	19,2	532	8,5	0,016–0,022
3	вблизи от объекта консервации хранилища РАО, у моста, глубина 0,8 м	19,9	537	8,3	0,01–0,04
4	вблизи от стока с объекта консервации хранилища РАО, мелиоративной канавы в 200 м от т. 3, глубина 0,7 м	19,2	535	8,1	0,02–0,03
5	на 50 м выше по течению от объекта консервации хранилища РАО, устье ручья у его юго-западной окраины, глубина 0,7 м	18,3	538	8,0	0,002–0,18

Примечание: Т °С – температура воды, Н – электропроводность.

По предварительным результатам гидробиологического исследования в составе зообентоса изученных водоемов выявлено 9 таксономических групп донных беспозвоночных. Из них микроракообразные Cladocera, Copepoda, Ostracoda, водяные клещи Hydracarina и черви Oligochaeta (р. Nais) – относятся к мейобентосу, личинки Chironomidae, Ephemeroptera, Coleoptera и моллюски Mollusca – к макрозообентосу. Количественные показатели развития бентоса изменялись в широких пределах и составляли: $1,6 \pm 0,9$ тыс. экз./м² – численность и $0,2 \pm 0,1$ г/м² – биомасса. Основу численности и биомассы бентоса составляли личинки хирономид и моллюски, составляя в сумме 78,4% общей численности и 73,6% общей биомассы. Эти же группы характеризовались абсолютной встречаемостью в пробах.

Точка 1. Отмечено 8 таксономических групп беспозвоночных. Численность и биомасса составляли 0,5 тыс. экз./м² и 0,1 г/м² соответственно. Роль макро- и мейобентосных форм в общей численности распределялась равномерно (50 %), в общей биомассе преобладали макробентосные формы, преимущественно личинки поденок (40 %).

Точка 2. Отмечено 7 таксономических групп беспозвоночных. Численность и биомасса составляли 1,8 тыс. экз./м² и 0,2 г/м² соответственно. Наибольшей численностью отличались личинки хирономид (32 %) и кладоцеры (35 %), 83,3 % биомассы приходилось на долю личинок хирономид и моллюсков.

Точка 3. Отмечено 4 таксономические группы беспозвоночных. Численность и биомасса составляли 0,2 тыс. экз./м² и 0,06 г/м² соответственно. Наибольшую долю как в численности, так и в биомассе бентоса составляли моллюски (55,6 и 48,0 % соответственно).

Точка 4. Отмечено 6 таксономических групп беспозвоночных. Здесь отмечены наибольшие показатели численности и биомассы зообентоса: 5,8 тыс. экз./м² и 0,7 г/м² соответственно, 91% общей численности и 76,8 % общей биомассы бентоса приходилось на этой точке на долю личинок хирономид и моллюсков.

Точка 5. Отмечен наименее разнообразный состав фауны донных беспозвоночных, представленный лишь личинками хирономид и моллюсками. Показатели количественного развития бентоса здесь были наименьшими среди всех исследованных точек и составляли 0,1 тыс. экз./м² и 0,04 г/м².

Проведенные рекогносцировочные гидробиологические исследования не выявили напряженности в экологическом состоянии р. Ухта в зоне влияния производственных объектов бывшего радиевого промысла в Республике Коми.

Исследования выполнены в рамках Госзаданий Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 122040600024-5 и № 122040600025-2.

Библиографический список

1. Тряпицына Г. А. Реакции биоценозов водных экосистем на хроническое радиационное воздействие : автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.08. М., 2011. 46 с.

2. Рачкова Н. Г., Шапошникова Л. М. Формы нахождения радия-226 в компонентах наземных и водных северотаежных экосистем в районе расположения бывшего радиевого промысла // Геохимия. 2020. Т. 65, вып. 6. С. 599–608. doi: 10.31857/S0016752520050106

МАКРОЗООБЕНТОС РЕКИ НОЛЬКА НА ТЕРРИТОРИИ ЗАКАЗНИКА «ГОРНОЕ ЗАДЕЛЬЕ»

П. В. Бедова, М. А. Прохорова
Марийский государственный университет, bedova@marsu.ru

Проведены гидробиологические исследования реки Нолька на территории заказника «Горное Заделье». Выяснено, что фауна донных беспозвоночных животных реки представлена 33 видами. Наибольшим видовым разнообразием характеризовались представители класса насекомые (55%). Средняя численность и биомасса высокие, водоем является высококормным. Наибольший вклад в численность внесли отряды поденки и двукрылые (по 15,5%). По биомассе доминировали представители отряда ручейники (18,2%). Результаты работы являются базовыми для проведения мониторинговых исследований водоемов заказника.

Ключевые слова: государственный заказник, фауна, гидробионты, макрозообентос, частота встречаемости, численность, биомасса.

Река Нолька протекает в Куженерском и Сернурском районах Республики Марий Эл. Устье реки находится в 56 км по левому берегу реки Лаж. Длина реки составляет 13 км [1].

Исток реки обозначен на картах у д. Помашъял в 6 км к северо-востоку от пос. Куженер, однако, в верховьях река имеет пересохшее русло, а реальный водоток начинается от д. Иван-Сола. Река течёт на восток, протекает деревни Верхний Нольдур и Нижний Нольдур, впадает в Лаж [1]. Река относится к Камскому бассейновому округу и часть русла протекает по заказнику «Горное Заделье» [1].

Заказник «Горное Заделье» создан в 1997 г. на востоке Куженерского района по границе с Сернурским районом Республики Марий Эл площадью 562 га. Находится в смешанном хвойно-лиственном таежном массиве. На днищах и склонах рек можно увидеть древние породы [2].

В данных районах водотоки изучены недостаточно. Имеются гидробиологические сведения о макрозообентосе р. Шаба Сернурского района, в которой изучены количественные характеристики макрозообентоса [3]. В Куженерском районе в пределах пос. Куженер изучено экологическое состояние реки Немда [4].

Река Нолька до настоящего времени в гидробиологическом отношении совершенно не изучена, несмотря на то, что протекает по особо охраняемой природной территории (ООПТ) заказнику «Горное Заделье».

В связи с этим целью данного исследования было проведение работ по изучению макрозообентоса р. Нолька в пределах ООПТ «Горное Заделье».

Долина р. Нолька с крутыми склонами, местами с широким дном. В дно ущелья на 2–5 м врезается летом сухое русло. Река в 3–4 км от своего истока незаметно исчезает в карстовые подземные потоки и вырывается ниже по течению (у д. Купсола) на поверхность мощными ключами. Река в пределах заказника имеет чётко выраженные в рельефе коренные склоны. Неодинаковая прогреваемость солнцем поверхности склонов северной и южной экспозиции вызывает различные микроклиматические условия на разных склонах. Эти условия в свою очередь создают различия в почвенном режиме увлажнения, в составе растительного покрова, особенно кустарничкового и травяно-мохового покрова [5].

Наши исследования проводились в летний период 2022 г. Сбор и обработка материала осуществлялись по стандартным методикам [6].

Определение видового состава проведено по определителям [7, 8]. Кормность водоема определяли по классификации А. С. Константинова [9].

В результате проведенных гидробиологических исследований реки Нолька выяснилось, что фауна донных беспозвоночных животных реки представлена 33 видами, которые принадлежат к 8 классам и к 4 типам животных. Наибольшее количество видов характерно для представителей класса Насекомые, которые составляют 55% от общего списка видов. Класс Брюхоногие составляет 15%. Классы Паукообразные и Пиявки составляют по 9% от общего видового состава. Классы Двустворчатые, Нематоды, Малощетинковые черви, Пиявки и Ракообразные составляют наименьшую долю в видовом составе по 3%.

Внутри класса Насекомые по количеству видов доминирует отряд Двукрылые (28%). По 17% составляют отряды Клопов и Жесткокрылых. По 11% в видовое разнообразие класса Насекомые вносят отряды Стрекозы и Веснянки. Представители отрядов Поденки, Вислокрылки и Ручейники составляют по 6%.

Количественный учет проводили на 5 станциях. Наибольшей численностью отличилась станция № 3 с умеренной растительностью, на дне обнаружены ветки и бревна. Глубина – 40 см. Численность макрозообентоса на станции № 3 составляет 193 экз/м² за счет личинок ручейников *Stenophylax nycterobius* (MacLachlan, 1875) и личинок поденок *Baetis rhodani* Pictet, 1843. Наименьшей численностью характеризуется станция № 2, где численность составляет 111 экз/м².

Средняя численность на исследуемой территории реки Нолька составляет 154,8±15,0 экз/м². Средняя биомасса – 6,62±0,8 г/м². Общая численность составляет 769 экз/м². Общая биомасса составляет 33,09 г/м².

Наибольший вклад в численность внесли представители отрядов Поденки и Двукрылые, которые составляют по 15,5% от общей численности. Наименьшую долю в численность внесли представители отряда Вислокрылки, они составляют 1,3% от общей численности (табл. 1).

Таблица 1

**Доля отдельных групп макрозообентоса реки Нолька
в общей численности**

Таксономическая группа	Численность (экз/м ²)	% от общей численности
Класс Двустворчатые моллюски	14	1,9
Класс Брюхоногие моллюски	71	9,3
Класс Пиявки	47	6,2
Класс Нематоды	24	3,2
Класс Малощетинковые черви	26	3,4
Класс Паукообразные	38	4,9
Класс Ракообразные	17	2,3
Класс Насекомые		
Отряд Стрекозы	13	1,7
Отряд Клопы	70	9,2
Отряд Подёнки	122	15,5
Отряд Жуки	31	4,2
Отряд Ручейники	89	11,6
Отряд Двукрылые	122	15,5
Отряд Вислокрылки	10	1,3
Отряд Веснянки	75	9,8

Наибольшей биомассой характеризуется станция № 1, где собрано 8,96 г/м². Основной вклад в биомассу внесли *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758), *Haemoris sanguisuga* (Linnaeus, 1758) и *Ephiteca bimaculata* (Linnaeus, 1758). Наименьшая биомасса отмечена на станции № 5 (4,03 г/м²)

На таблице 2 показана доля отдельных групп макрозообентоса реки Нолька в общей биомассе. Больше всего весят представители отряда Ручейники (18,2%). Чуть меньше представители классов Пиявки (15,2%) и Брюхоногие моллюски (14,7%). Меньший вклад в общую биомассу внесли представители классов Нематоды и Малощетинковые черви (0,1%).

Таблица 2

**Доля отдельных групп макрозообентоса реки Нолька
в общей биомассе**

Таксономическая группа	Биомасса	% от общей численности
1	2	3
Класс Двустворчатые	0,897	2,7
Класс Брюхоногие	4,875	14,7
Класс Пиявки	5,018	15,2
Класс Нематоды	0,019	0,1
Класс Малощетинковые черви	0,023	0,1
Класс Паукообразные	1,256	3,8
Класс Ракообразные	0,754	2,3
Класс Насекомые		
Отряд Стрекозы	1,921	5,8
Отряд Клопы	2,847	8,6
Отряд Подёнки	2,57	7,8
Отряд Жуки	2,367	7,2
Отряд Ручейники	6,017	18,2

1	2	3
Отряд Двукрылые	2,334	7,1
Отряд Вислокрылки	0,901	2,7
Отряд Веснянки	1,291	3,7

Наибольшие средние численность и биомассу имеют личинки ручейников *S. nycterobius* (численность $44,5 \pm 12,5$ экз/м², биомасса $3,01 \pm 0,9$ г/м²).

Довольно большой средней численностью обладают *B. rhodani* ($40,6 \pm 6,2$ экз/м²) и *Amphinemura borealis* Morton, 1894 ($33,0 \pm 10,0$ экз/м²).

Таким образом, фауна донных беспозвоночных животных р. Нолька на территории ООПТ «Горное Заделье» представлена 33 видами, которые принадлежат к 8 классам и к 4 типам животных. Наибольшим видовым разнообразием характеризовались представители класса Насекомые (55%). Доминировали по частоте встречаемости личинки поденок *B. rhodani* (60%). Средняя численность на исследуемой территории р. Нолька составила $154,8 \pm 15,0$ экз/м². Средняя биомасса $6,62 \pm 0,8$ г/м², водоем является высококормным. Наибольший вклад в численность внесли отряды Поденки и Двукрылые (15,5%). По биомассе доминировали представители отряда Ручейники, составляющие 18,2% от общей биомассы макрозообентоса. Наибольшие средние численность и биомассу имеет *S. nycterobius*.

Результаты данной работы являются базовыми для проведения мониторинговых исследований водоемов заказника.

Работа выполнена в рамках Государственного контракта № 11/А/2022 «Комплексное исследование экологического состояния ООПТ».

Библиографический список

1. Государственный водный реестр Российской Федерации: Нолька [Электронный ресурс]. – URL: <https://textual.ru/gvr/> (дата обращения: 11.03.2023).
2. Яндулина В. Р. Особо охраняемые природные территории Куженерского района Республики Марий Эл // Богатство финно-угорских народов : материалы IV Междунар. финно-угорского студенческого форума. МарГУ, Йошкар-Ола, 2017. С. 384–387.
3. Егошина Е. Э., Мамаева А. Ю., Иванова Д. В. Количественные характеристики макрозообентоса реки Шаба Сернурского района Республики Марий Эл // Студенческая наука и XXI век. 2018. Т. 15. № 1(16). Ч. 1. С. 41–43.
4. Михеева А. А., Бедова П. В. Современное экологическое состояние реки Немда в районе поселка Куженер Республики Марий Эл // Актуальные проблемы состояния и рационального использования водных ресурсов : сб. статей Региональной науч.-практ. конф., посвященной Дню воды. Йошкар-Ола, 2015. С. 185–190.
5. Васильева Д. П. Ландшафтная география Марийской АССР. Йошкар-Ола : Марийское книж. изд-во, 1979. 134 с.
6. Методика изучения биогидроценозов внутренних водоемов / под ред Ф. Д. Мордухай-Болтовского. М. : Наука, 1975. 240 с.
7. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Планктон и бентос / под ред. Л. А. Кутиковой, Я. И. Старобогатова. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 510 с.

8. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 1. Низшие беспозвоночные / под ред. С. Я. Цалолихина. СПб. : Зоол. ин-т РАН, 1994. 202 с.

9. Константинов А. С. Общая гидробиология. 4-изд., перераб и доп. М. : Высш. шк., 1986. 472 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗООПЛАНКТОННЫХ ОРГАНИЗМОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ САПРОБНОСТИ НЕКОТОРЫХ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМЕНИ М. Г. СИНИЦЫНА

А. Е. Артамонова¹, М. В. Сиротина^{1,2}

¹ *Костромской государственной университет, annevart@yandex.ru*

² *Государственный природный заповедник
«Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, mvsirotna@gmail.com*

В статье представлена оценка сапробности водоемов и водотоков государственного природного заповедника «Кологривский лес» по индексу Пантле-Букк. В исследовании использовался метод биоиндикации пресных вод на основе качественного и количественного состава зоопланктонных организмов.

Ключевые слова: зоопланктон, биоиндикация, сапробность, заповедник «Кологривский лес», Костромская область.

В настоящее время стремительное ухудшение экологической ситуации является серьезной проблемой. В водоемы поступает большой объем загрязняющих веществ, несвойственных естественному химическому составу воды. Нарушение экологического состояния водоемов и водотоков вследствие воздействия антропогенного фактора принимает глобальный характер.

В связи с этим активно применяются различные методы биоиндикации животных и растительных сообществ, проводятся регулярные мероприятия по мониторингу состояния среды в том числе по количественным показателям и видовому составу зоопланктона на исследуемых территориях.

Малейшее изменение среды сказывается на живых организмах, обитающих в сообществах. Зоопланктонные организмы особо чувствительны к изменениям качества воды за счет своего образа жизни и фильтрующего типа питания, свойственного большинству зоопланктона. Их восприимчивость к изменениям среды обитания используется человеком для оценки качества вод как наиболее точный метод [1]. Наблюдая за изменением их численности и видового состава, можно сделать вывод о состоянии среды обитания, а также спланировать профилактические и очистительные мероприятия. Исследования, проводимые на заповедной территории, позволяют проанализировать реакцию объектов дикой природы на изменения среды обитания, вызванные естественными и антропогенными факторами.

Исследования проводились в июне 2022 г. на некоторых водотоках и водоемах Кологривского участка государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына.

Было отобрано 46 проб на 23 станциях путем процеживания 50 л воды через планктонную сеть Джели. Исследовались следующие реки заповедника: Понга, Сеха, Талица, Лондушка. Также был изучен состав зоопланктонных сообществ на бобровых прудах. При обработке проб использовались традиционные гидробиологические методики [1, 2]. Систематическая принадлежность организмов устанавливалась с помощью определителя под редакцией В. Р. Алексеева [3]. Для определения сапробности водоема по численности индикаторных видов применялся индекс Пантле-Букк в модификации Н. А. Дзюбан и С. П. Кузнецовой (S) [4].

Целью работы было исследование сапробности водоемов и водотоков заповедника по количественному и качественному составу зоопланктонных организмов. Сапробность организма определяется как потребностью данного организма в органическом питании, так и резистентностью его к вредным продуктам распада и недостатку кислорода в загрязненных водах [5].

В результате исследований было обнаружено 24 вида зоопланктеров, среди них 18 индикаторных видов, чувствительных или толерантных к различной степени загрязнения воды. Были обнаружены организмы, принадлежащие к следующим таксонам: 15 видов Cladocera (54%), 4 вида Copepoda (14%), 9 видов Rotifera (32%) (рис.).

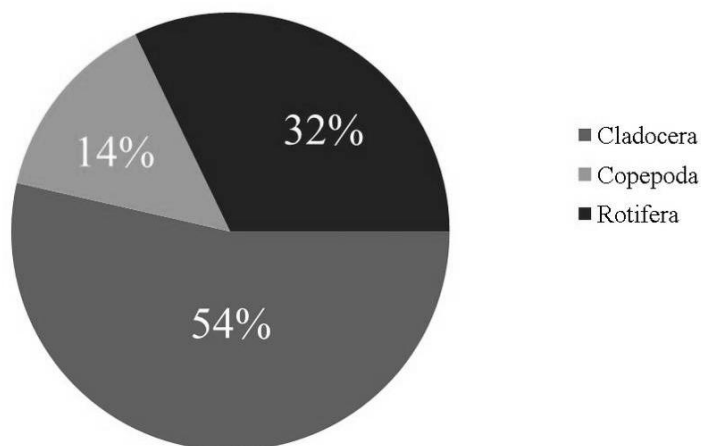


Рис. Таксономическая структура зоопланктона исследованных водотоков и водоемов

Для установления сапробного статуса исследовались станции, расположенные на реках – Понге и Сехе, а также на бобровых прудах.

Река Понга – один из самых крупных водотоков заповедника – длина составляет 73 км, средняя скорость течения – 0,3 м/с. На р. Понге исследовалось 7 станций с различными условиями: наличием или отсутствием макрофитов, заселенностью бобрами, участками с течением или стоячей водой. При изучении качественного состава были обнаружены следующие индикаторные виды: *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1785), *Daphnia longispina* (O. F. Müller

1785), *D. pulex* (Leydig, 1860), *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine, 1820), *Chydorus sphaericus* (Müller, 1785), *Scapholeberis mucronata* (Müller, 1776), *Eucyclops macrurus* (Sars 1863), *Euchlanis dilatata* (Ehrenberg, 1832), *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879), *Keratella quadrata* (Müller, 1786). Средние результаты определения сапробности исследуемых станций представлены в таблице.

Длина реки Сехи составляет 34 км, большая часть проходит по территории заповедника. Течение слабое – 0,25 м/с. Хорошо представлены макрофиты. На р. Сехе исследовано 4 станции, на которых обнаружены следующие виды-индикаторы сапробности: *B. longirostris*, *D. pulex*, *Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Müller, 1785), *C. reticulata*, *C. sphaericus*, *E. macrurus*, *E. dilatata*, *K. longispina*, *K. quadrata*. Средние результаты определения сапробности на исследованных станциях представлены в таблице.

При исследовании бобровых поселений учитывались данные 8 станций: каскада из 5 прудов, жилых поселений бобров на реках и старого поселения бобров. В большинстве поселений ведется активное строительство плотин, постоянно обновляется состав растительных сообществ, есть макрофиты с большой площадью покрытия. В результате строительной деятельности бобров образуются участки со стоячей водой, что способствует развитию планктонных организмов. При исследовании были выявлены виды-индикаторы сапробности: *B. longispina*, *C. quadrangula*, *C. reticulata*, *C. sphaericus*, *D. longispina*, *D. pulex*, *Macrothrix* sp., *S. mucronata*, *E. macrurus*, *Conochilus unicornis* Rousselet, 1892, *E. dilatata*, *K. longispina*, *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), *K. quadrata*, *Polyarthra vulgaris* Carlin, 1943. Сапробность водных объектов, населенных бобрами, представлена в таблице.

В бобровых прудах создаются наиболее благоприятные условия для развития зоопланктеров: образуются участки стоячей воды, произрастают макрофиты, развивается фитопланктон, за счет чего наблюдается высокая продукция органического вещества, которое поедается некоторыми ракообразными и коловратками.

Таблица

Сапробность исследуемых водоемов и водотоков

Водоем или водоток	Индекс Пантле-Букк $X_{cp} \pm S_x$	C_v	Сапробный статус
Р. Понга	1,78 \pm 0,08	13	β -мезосапробный
Р. Сеха	1,93 \pm 0,23	24	β -мезосапробный
Бобровые пруды	2,13 \pm 0,15	20	β -мезосапробный

Для всех исследованных водоемов и водотоков характерны β -мезосапробные воды.

На р. Понге и р. Сехе основная часть станций с водами умеренной загрязненности. На исследованных станциях встречаются участки со стоячей водой, образованные в результате строительной деятельности бобров, а также участки с небольшим течением. Такие условия способствуют среднему накоплению органического вещества и умеренному насыщению вод кислородом, что способствует развитию зоопланктеров-мезосапробов.

На бобровых прудах величина индекса несколько выше, на отдельных станциях наблюдается α -мезосапробный тип вод. В результате строительной деятельности бобров образуются зоны стоячей воды, на которых происходит активный процесс накопления органики, также из-за отсутствия течения падает уровень насыщения кислородом.

Таким образом, видовой состав зоопланктонных организмов, и, в частности, индикаторных видов, восприимчивых к умеренному накоплению органического вещества, в том числе мертвой органики, а также к среднему уровню насыщения вод кислородом, позволил определить тип сапробности исследуемых водоемов и водотоков. Для большинства водоемов и водотоков ГПЗ «Кологривский лес» характерны β -мезосапробные воды, что является типичным для равнинных рек и прудов.

Библиографический список

1. Биоиндикация водных экосистем : учеб.-метод. пособие для студентов высш. учеб. заведений / М. В. Сиротина, Л. В. Мурадова, И. Г. Криницын, Г. А. Семенова. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2018. 224 с.
2. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Зоопланктон и его продукция. Л. : Изд-во ГосНИОРХ, 1982. 33 с.
3. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1 : Зоопланктон / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М. ; СПб. : Т-во научных изданий КМК, 2010. 494 с.
4. Дзюбан Н. А., Кузнецова С. П. О гидробиологическом контроле качества вод по зоопланктону // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям : труды Всесоюз. конф. Л. : Наука, 1981. С. 117–136.
5. Гальцова В. В., Дмитриев В. В. Практикум по водной экологии и мониторингу состояния водных экосистем : учебное пособие. СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет, 2007. 363 с.

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА КАМЕНИК НА ТЕРРИТОРИИ КОСТРОМСКОЙ НИЗИНЫ

Е. А. Яшнева¹, М. В. Сиротина^{1,2}

*¹ Костромской государственный университет,
Elenayashneva1811@mail.ru, mvsirotna@gmail.com*

*² Государственный природный заповедник «Кологривский лес»
имени М. Г. Синицына*

В статье описаны видовой состав и экологическая структура зоопланктонного сообщества озера Каменик на территории Костромской низины. Количество планктонных видов составляет 60% от видового богатства зоопланктона, фитофильно-планктонных – 20%. По способу захвата пищи преобладают вертикаторы и первичные фильтраторы, составляя по 32% от всего видового богатства. Вместе с вторичными фильтраторами (2%), доля орга-

низмов, улавливающих пищу в толще воды, составляет 66%. Большинство обнаруженных видов являются индикаторами β-мезосапробных условий.

Ключевые слова: зоопланктон, озеро Каменик, Костромская низина, экологические группы зоопланктона.

Озеро Каменик, расположено на территории Костромской низины, принадлежит к Верхневолжскому бассейновому округу и является третьим по величине озером в Костромской области. Площадь озера составляет 2,72 км², протяженность – 2,1 км, ширина – 0,94 км. Озеро Каменик образовано при создании Горьковского водохранилища и затоплении части Костромской низины в 1955–1957 гг. Озеро соединяется протокой с рекой Узаксой и через систему карьеров с озером Турово, их воды поступают в нижний участок реки Костромы, которая представляет собой участок водохранилища руслового типа. Озеро мелководно, в его акватории на ряде участков развивается высшая водная растительность.

В функционировании гидробиоценозов мелководных озер важнейшее значение имеет сообщество зоопланктона [1–3]. Представители зоопланктона являются консументами первого и второго порядка, участниками трофических цепей, через которые переносится основная часть энергии в гидроэкосистеме озера. Биомасса зоопланктона в мелководных озерах может достигать значительных величин [3]. Кроме того, зоопланктон может служить достоверным индикатором экологического состояния лентических экосистем, что в настоящее время широко используется в экологическом мониторинге [3, 4].

В связи с вышесказанным, целью работы являлось изучение видового состава и структуры сообщества зоопланктона оз. Каменик на территории Костромской низины.

Исследования проводились на озере Каменик в августе 2022 г. Пробы зоопланктона отбирались с лодки, на 5 станциях, равномерно расположенных по акватории водоема. Сбор и обработка проб зоопланктона проводились по стандартным методикам [5] путем процеживания 50 л воды через планктонную сеть Апштейна. Собранные пробы фиксировали 4% формалином. Качественные пробы зоопланктона обрабатывались с помощью микроскопа Биомед-3 с использованием определителя под редакцией В. Р. Алексева и С. Я. Цалолихина [6].

По результатам исследований в озере Каменик обнаружено 25 видов зоопланктеров. В видовом богатстве зоопланктона озера преобладают колероватки (Rotifera) – 44%. Ветвистоусые (Cladocera) и веслоногие (Copepoda) рачки составили 36% и 20% видового богатства соответственно (рис. 1).

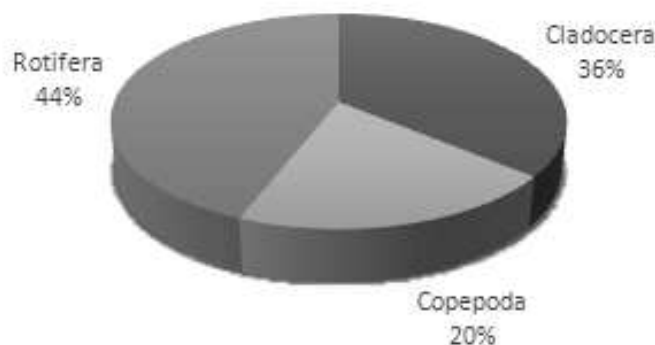


Рис. 1. Среднее соотношение таксономических групп зоопланктов озера Каменик в августе 2022 г.

В видовом составе зоопланктона в равном соотношении находились виды, имеющие палеарктическое распространение (43,5%) и виды-космополиты (43,5%). Виды, имеющие голарктическое распространение, составили 13% от видового богатства зоопланктона.

По экологической приуроченности виды зоопланктона были разделены на четыре группы: планктонные, фитофильные, фитофильно-планктонные, придонные. К планктонным видам относились организмы, обитающие в зоне свободной воды. Среди них отмечены представители родов: *Filinia*, *Kellicottia*, *Keratella*, *Polyarthra*, *Daphnia*, *Moina*, *Eudiaptomus*. Количество планктонных видов составило 60% от видового богатства (рис. 2). На втором месте в видовом богатстве находятся фитофильно-планктонные виды (20%). Эти организмы массово развиваются среди зарослей высшей водной растительности, могут плавать как среди макрофитов, так и в зоне открытой воды. В эту группу входят *Bosmina longirostris* (O.F.Müller 1785), *Chydorus cf. sphaericus* (O.F.Müller 1776), *Diaphanosoma brachyurum* (Lièvin 1848), *Mesocyclops leuckarti* (Claus 1857), *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine 1820). Менее в планктоне были представлены фитофильные и придонные виды (рис. 2).

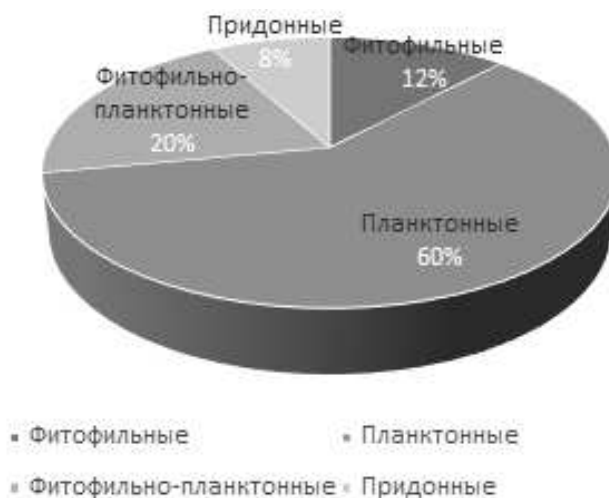


Рис. 2. Соотношение числа видов зоопланктона основных экологических групп озера Каменик в августе 2022 г.

Среди функциональных групп зоопланктона отмечены представители следующих групп [7]: 1 – крупных хищников, способных к плаванию и ползанию. Тип питания – захват (*M. leuckarti*); 3 – мелких хищников (0,6–3 мм), ведущих плавающий образ жизни. Тип питания – захват (представители р. *Cyclops*); 6 – веслоногие ракообразные со смешанным питанием и плавающим типом передвижения. Тип питания – захват (копеподиты веслоногих); 7 – коловратки со смешанным питанием, ведущие только плавающий образ жизни. Тип питания – захват и всасывание (*Asplanchna priodonta* (Gosse 1850)); 9 – ветвистоусые ракообразные, способные к плаванию и ползанию. Тип питания – вторичная фильтрация (*C. sphaericus*); 10 – коловратки-вертикаторы, способные к плаванию и ползанию. Тип питания – вертикация (представители р. *Brachionus*); 12 – коловратки, способные к плаванию и ползанию. Тип питания – всасывание (представители р. *Trichocerca*); 14 – коловратки, ведущие плавающий образ жизни. Тип питания – вертикация (представители родов *Keratella*, *Polyarthra*, *Filinia*); 16 – ветвистоусые, веслоногие, ведущие плавающий образ жизни. Тип питания – первичная фильтрация (науплиальные стадии веслоногих, представители родов *Bosmina*, *Ceriodaphnia*, *Daphnia*, *Diaphanosoma*, *Moina*, *Eudiaptomus*).

Способ передвижения зоопланктеров тесно связан с их пищевым поведением, вследствие чего доминирование того или иного способа локомоции свидетельствует о наличии кормовых объектов либо у поверхности дна, либо в толще воды. Среди зоопланктеров оз. Каменик преобладают плавающие формы (64%).

По способу захвата пищи преобладают вертикаторы и первичные фильтраторы, составляя по 32% от всего видового богатства. Вместе с вторичными фильтраторами (2%), доля организмов, улавливающих пищу в толще воды, составляет 66%. Доля хищных форм, для которых характерен захват пищи, составляет 16%, захват и всасывание – 4%, всасывание – 8%.

Большинство обнаруженных видов по классификации Пантле и Букк являются индикаторами β -мезосапробных условий: (*Keratella cochlearis cochlearis* (Gosse 1851), *Brachionus diversicornis homoceros* (Wierzejski 1891), *Brachionus diversicornis diversicornis* (Daday, 1883), *C. sphaericus*, *Daphnia longispina* (O.F.Müller 1776), *Daphnia cucullata* (Sars 1862), *A. priodonta*).

Таким образом, в видовом богатстве зоопланктона озера Каменик на территории Костромской низины в Костромской области преобладают коловратки. Среди экологических групп зоопланктона по местообитанию ведущее значение имеют планктонные и фитофильно-планктонные виды, по способу передвижения – плавающие виды. По способу захвата пищи доминируют первичные фильтраторы и вертикаторы. Это связано с наличием кормовых объектов в толще воды и с тем, что высшая водная растительность занимает в настоящее время лишь отдельные участки акватории озера. Большинство обнаруженных видов являются индикаторами β -мезосапробных условий.

Библиографический список

1. Столбунова В. Н. Зоопланктон озера Плещеево. М. : Наука, 2006. 152 с.
2. Лазарева В. И. Зоопланктон озер разных типологических групп // Фауна и экология беспозвоночных животных в заповедниках. М. : ЦНИЛ Главхоты РСФСР, 1996. С. 147–153.
3. Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб. : Наука, 1996. 189 с.
4. Вандыш О. И. Зоопланктон как индикатор состояния озерных экосистем Кольского полуострова при действии стоков горно-промышленных предприятий // Экология. 2004. № 2. С. 134–140.
5. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Зоопланктон и его продукция. Л. : Изд-во ГосНИОРХ, 1982. 33 с.
6. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1 / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М., СПб. : Товарищество научных изданий КМК. 2010. 495 с.
7. Выявление функциональных групп пресноводного зоопланктона на основе функциональных признаков видов / Д. Е. Гаврилко, Г. В. Шурганова, И. А. Кудрин, В. Н. Якимов // Поволжский экологический журнал. 2020. № 3. С. 290–306. doi: 10.35885/1684-7318-2020-3-290-306

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР ДОЛГОЕ И ДРУЖИНИНО МАНТУРОВСКОГО РАЙОНА КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗООПЛАНКТОНА

Е. Н. Бормачёва¹, М. В. Сиротина^{1,2}

¹ *Костромской государственный университет,
bormachyova2017@yandex.ru*

² *Государственный природный заповедник «Кологривский лес»
имени М. Г. Сеницына, mvsiroтина@gmail.com*

В ходе проведенного исследования был определен видовой состав сообществ зоопланктона озер Долгое и Дружинино территории Мантуровского участка государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына. Определен трофический статус озер по показателям зоопланктона. Проведена сапробиологическая оценка водоемов по индексу Пантле и Букка. Оценены количественные показатели зоопланктона.

Ключевые слова: заповедник «Кологривский лес», Мантуровский участок, зоопланктон, озеро Долгое, озеро Дружинино.

Зоопланктон представляет собой совокупность животных организмов, адаптированных к обитанию в толще воды и не способных сопротивляться течению. Организмы зоопланктона могут быть отнесены к различным трофическим уровням в пищевых сетях водоемов. В процессе своего метаболизма организмы зоопланктона минерализуют органические вещества, делая их доступными для первичных продуцентов. Представители планктонных сообществ

ществ являются главным компонентом в функционировании гидробиоценозов, а также играют важную роль в процессах самоочищения водоемов. Эти организмы могут выступать видами-индикаторами в оценке качества водных объектов.

В настоящее время актуально изучение видовой структуры и количественных показателей сообществ зоопланктона, что позволяет проводить оценку влияния качества среды на водные экосистемы. Изменения условий существования организмов отражаются на видовом составе, количественных показателях, соотношении отдельных таксономических групп, структуре популяций зоопланктона. В связи с этим структурные показатели зоопланктона используют для оценки трофического статуса, а также при изучении водоемов с экстремальными условиями обитания [1]. Особенно велика роль зоопланктонных организмов в функционировании лентических гидробиоценозов. По состоянию сообщества зоопланктона можно определить трофический статус озера, оценить идущие там процессы естественного либо антропогенного эвтрофирования.

В связи с вышеуказанным, целью работы являлась оценка экологического состояния озер Долгое и Дружинино в Мантуровском районе Костромской области по показателям сообщества зоопланктона. Для изучения зоопланктонного комплекса были исследованы озера Долгое и Дружинино на территории Мантуровского участка Государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына. На озере Долгое пробы отбирались на 5 станциях, на озере Дружинино – на 4 станциях.

Отбор проб зоопланктона осуществлялся с использованием сети Апштейна, процеживалось 50 л воды, затем производилась фиксация пробы 4% формалином. Обработка проб проводилась по общепринятым методикам [2]. При оценке трофического статуса исследуемых водоемов нами был использован коэффициент трофии по Мяэметсу (E) [3]. Для выявления уровня загрязненности водоема был использован индекс сапробности по Пантле и Букк в модификации Н.А. Дзюбан и С.П. Кузнецовой (S) [4]. При оценке трофической структуры сообществ нами были выделены трофические группы, учитывающие морфофункциональные особенности планктонных организмов, способ захвата пищи, передвижение, пищевые спектры [5].

В результате исследования в сообществах зоопланктона озер в июне 2022 г. было выявлено 44 вида. Из них 10 видов из надотряда Cladocera, 11 видов из подкласса Copepoda и 23 вида типа Rotifera. На рисунке представлена таксономическая структура зоопланктона исследованных зоопланктоценозов.

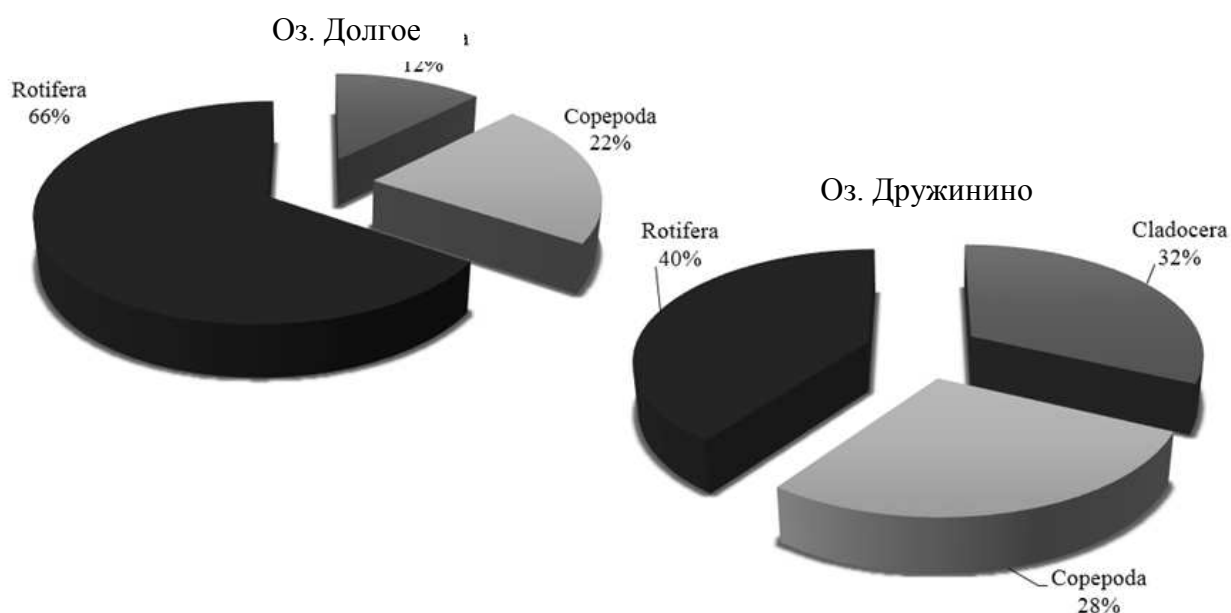


Рис. Соотношение таксономических групп зоопланктона озер Долгое и Дружинино на территории Мантуровского района Костромской области

Преобладающей группой организмов озера Долгое является тип Rotifera и составляет 66% от видового богатства, подкласс Copepoda и надотряд Cladocera, и составляют соответственно 22% и 12%.

Доминирующей группой организмов сообществ зоопланктона озера Дружинино также являются представители типа Rotifera, которые составляют 40% от всего видового состава, 32% составляют представители надотряда Cladocera, наименьшее число зоопланктеров отмечено среди видов подкласса Copepoda – 28%.

В видовом составе обоих озер доминируют индикаторы мезо- и эвтрофных вод. Коэффициент трофии по Мязметсу характеризует озеро Долгое как эвтрофный водоем ($E = 4,0$), с высоким содержанием органического вещества, а озеро Дружинино, как мезотрофный водоем, переходный тип водоема со средними трофическими условиями, умеренным количеством питательных веществ ($E = 0,75$).

Показатели средней численности зоопланктеров озера Долгое составляет 41280 экз/м³, озера Дружинино – 5250 экз/м³ (в 7,8 раза ниже по сравнению с озером Долгое). Средние показатели биомассы зоопланктонного комплекса в озере Долгое составляет 157,65 мг/м³, в озере Дружинино – 23,85 мг/м³ (в 6,6 раз ниже по сравнению с озером Долгое).

Средний индекс сапробности озер Мантуровского участка заповедника показывает, что воды озер Долгое ($S = 1,45$) и Дружинино ($S = 1,36$) являются олигосапробными.

В ходе работы была изучена экологическая структура сообществ зоопланктона озер Долгое и Дружинино Мантуровского района. Среди всего видового разнообразия зоопланктеров были выделены экологические группы, учитывающие морфофункциональные особенности планктонных организмов,

способ захвата пищи, передвижение, пищевые спектры [5]. В озере Долгое в видовом богатстве преобладающими группами организмов являются представители плавающих и ползающих вертикаторов, а также представители плавающих, грубых фильтраторов, и составляют 22% и 17%, соответственно. По 11% из видового богатства озера составляют представители свободноплавающих вертикаторов и плавающих и ползающих вторичных фильтраторов, соскребателей и детритофагов.

Среди экологических групп в озере Дружинино 25% составляют плавающие первичные, тонкие и грубые фильтраторы. Группа свободноплавающих вертикаторов составляет 19%, по 13% приходится на плавающих, грубых фильтраторов и плавающих хищников-эврифагов. Плавающие и ползающие вертикаторы составили 12% от видового богатства.

В озере Долгое по показателям численности отмечается преобладание свободноплавающих фильтраторов (55%), 22 и 16%, соответственно, составляют группы плавающих и ползающих вертикаторов и плавающих хищников-хватателей. Структура озера Дружинино по показателям численности большей частью формируется представителями группы тонких фильтраторов (62%).

Таким образом, при довольно низких количественных показателях зоопланктона, что возможно связано с низким температурным режимом в начале лета 2022 г., в видовом составе сообщества зоопланктона озер Долгое и Дружинино присутствуют виды-индикаторы мезо- и эвтрофных условий [6].

О проходящих в озерах процессах эвтрофирования также свидетельствует преобладание в видовом богатстве зоопланктона представителей типа Rotifera. Например, в видовом богатстве зоопланктона оз. Долгое в значительном количестве присутствуют представители родов *Brachionus* и *Keratella* – индикаторы повышения трофического статуса водоемов.

Зоопланктонные комплексы являются разнообразными и сложно организованными сообществами. Организмы зоопланктона играют важную роль в структурно-функциональной организации водоемов, так как являются структурными компонентами в трофических цепях и выступают одним из основных блоков в функционировании всего водоема. Изучение качественных и количественных показателей зоопланктона и различных экологических показателей позволяет оценить экологическое состояние водоема и дать прогноз развития водной экосистемы.

Библиографический список

1. Семерной В. П. Санитарная гидробиология : учебное пособие по гидробиологии. Ярославль, 2003. 147 с.
2. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Зоопланктон и его продукция. Л. : Изд-во ГосНИОРХ, 1982. 33 с.
3. Мязметс А. Х. Качественный состав пелагического зоопланктона как показатель трофности озера // Тезисы докладов XX науч. конф. по изучению водоемов Прибалтики и Белоруссии. Рига, 1979. С.12–15.

4. Дзюбан Н. А., Кузнецова С.П. О гидробиологическом контроле качества вод по зоопланктону // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям : труды Всесоюз. конф. Л. : Наука, 1981. С. 117–136.

5. Кривенкова И. Ф. Значение фитофильного зоопланктона для экосистемы озера Кенон // Учёные записки ЗабГУ. Сер. Биологические науки. 2018. Т. 13, № 1. С. 60–65. doi: 10.21209/2500-1701-2018-13-1-60-65

6. Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб. : Наука, 1996. 189 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ИХТИОФАУНЫ В РЕКАХ СЕХА И УНЖА В КОЛОГРИВСКОМ РАЙОНЕ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А. С. Максимов¹, Л. В. Мурадова^{1,2}, Д. С. Лысенко¹

*¹ Костромской государственной университет,
amaksimov158@gmail.com, d_lysenko@ksu.edu.ru*

*² Государственный природный заповедник
«Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, mlv44@mail.ru*

В статье приводятся результаты оценки состояния ихтиофауны р. Сеха, находящейся на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес», и р. Унжа, расположенной в Кологривском районе вблизи населенного пункта Шоргутово. Исследовано разнообразие ихтиофауны, выделены доминирующие виды, изучены морфометрические показатели рыб, стабильность их развития и структура улова.

Ключевые слова: ихтиофауна, морфометрические показатели, частота асимметричного проявления признаков, река Сеха, река Унжа, заповедник «Кологривский лес».

Исследования многих авторов свидетельствуют об успешном использовании рыб в качестве индикаторов состояния водных экосистем. Рыбы занимают верхние уровни в трофической сети водоемов, поэтому изменения в их организме позволяют определить кумулятивные эффекты в водной среде и сформировать представление о качестве среды обитания. При стрессе у рыб наблюдаются ненаправленные изменения в стабильности индивидуального развития, которые проявляются в различиях между размерами, или выраженностью билатеральных структур на правой и левой стороне тела, что является мерой онтогенетической нестабильности и маркером несоответствия норме качества среды [1]. Изменения условий обитания рыб сказывается на их физиологическом состоянии, смещение полового соотношения, изменении возрастной структуры и других морфофизиологических показателях.

Исследования проводились в летний период 2022 г. на р. Сеха, протекающей по территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, и р. Унжа, которая протекает в Кологривском районе вблизи населенного пункта Шоргутово. Река Сеха протекает

по территории Парфеньевского и Кологривского районов, имеет длину – 34 км, ширину – 4–6 м и глубину от 0,3 до 1,5 м [2]. В период исследований температура воды в реке составляла 16 °С; средняя скорость течения – 1,07 м/с. Река Унжа берет свое начало в Северных Увалах, впадает в Волгу в Унженском заливе Горьковского водохранилища [3]. Температура воды в р. Унже в период исследований составляла 16 °С, средняя скорость течения – 1 м/с; глубина – 1,5–2 м.

Лов рыбы осуществлялся с помощью удочки и спиннинга на стандартную наживку в утреннее и вечернее время. После отлова определялась видовая принадлежность рыбы по определителю [4], подсчитывалась частота асимметричного проявления (ЧАПП) билатерально расположенных признаков [5], снимались морфометрические показатели по общепринятой методике с помощью линейки и мерной ленты [5], на электронных весах определялась масса тела рыб. Определение возраста проводилось по годичным кольцам на чешуе [6], пол определялся по валику около анального отверстия и при вскрытии по гонадам [7].

Всего за период исследования было отловлено 63 особи рыб, относящихся к 5 семействам: *Cyprinidae*, *Percidae*, *Thymallidae*, *Esocidae*, *Gadidae* (табл. 1).

Таблица 1

Видовое разнообразие ихтиофауны на реках Сеха и Унжа

№ п/п	Виды рыб	Семейство	Река Сеха	Река Унжа
1	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	<i>Percidae</i>	+	–
2	<i>Perca fluviatilis</i>	<i>Percidae</i>	+	+
3	<i>Thymallus thymallus</i>	<i>Thymallidae</i>	+	–
4	<i>Leuciscus leuciscus</i>	<i>Cyprinidae</i>	+	+
5	<i>Rutilus rutilus</i>	<i>Cyprinidae</i>	+	–
6	<i>Gobio gobio</i>	<i>Cyprinidae</i>	+	–
7	<i>Esox lucius</i>	<i>Esocidae</i>	+	+
8	<i>Lota lota</i>	<i>Gadidae</i>	+	–
9	<i>Squalius cephalus</i>	<i>Cyprinidae</i>	–	+

По результатам исследований установлено, что видовое разнообразие ихтиофауны было выше в р. Сехе на территории заповедника. Наиболее распространенными видами рыб были *Leuciscus leuciscus*, который составил 22,8% улова и *Rutilus rutilus* – 17,1% улова. Также в реке отмечалось присутствие *Thymallus thymallus*, занесенного в Красную книгу Костромской области. На реке Унже наиболее распространенными видами в улове являются *Leuciscus leuciscus* – 39,3% улова и *Esox lucius* – 35,7% улова.

Масса тела различных видов рыб зависит от многих факторов и может колебаться в широких пределах – от нескольких граммов до килограммов. По массе рыбы можно судить не только о ее размере, но и о благоприятности условий обитания, кормовой базе водоема, наличии стрессов (табл. 2).

Таблица 2

Масса тела и упитанность рыб в реках Сеха и Унжа

Виды рыб	Масса тела, г		Коэффициент упитанности	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$C_v (\%)$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$C_v (\%)$
река Сеха				
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	14,9±3,1	34,9	1,3±0,03	4,3
<i>Perca fluviatilis</i>	102,8±23,6	32,0	1,3±0,5	50,5
<i>Rutilus rutilus</i>	42,8±21,2	69,9	1,08±0,2	35,5
<i>Leuciscus leuciscus</i>	93,0±19,1	54,26	1,04±0,2	44,2
<i>Gobio gobio</i>	8,9±0,8	18,8	0,8±0,1	16,2
река Унжа				
<i>Perca fluviatilis</i>	130,3±20,5	35,2	1,18±0,04	8,5
<i>Leuciscus leuciscus</i>	59,5±5,6	29,6	0,84±0,01	6,0
<i>Esox lucius</i>	611,4±148,5	72,9	0,53±0,01	9,5

Самую большую массу тела и высокую упитанность в улове на р. Сехе имел *Perca fluviatilis*, который достаточно широко распространен в реках Костромской области. В улове на р. Унже самым крупным видом была *Esox lucius*, средняя масса тела 611,4 г. *Perca fluviatilis* в р. Унже был крупнее на 27%, чем в р. Сехе, но упитанность его была ниже. Для *Perca fluviatilis* характерна высокая внутривидовая изменчивость морфометрических признаков в зависимости от условий обитания, что может выражаться в размерно-весовых показателях и темпе роста. При сравнении полученных данных с результатами исследований прошлых лет [1] установленная многолетняя динамика средней массы тела разных видов рыб в улове была статистически недостоверна. Высокий коэффициент вариации признаков у *Rutilus rutilus* (р. Сеха), *Leuciscus leuciscus* (р. Сеха), *Esox lucius* (р. Унжа) связан с тем, что улов представлен разновозрастными рыбами, значительно отличающимися по массе тела.

Для оценки состояния ихтиофауны используются морфометрические показатели, изменения которых носят приспособительный характер, обеспечивая существование рыбы в различных условиях и характеризуют фенотипические особенности особей (табл. 3).

Самые большие размеры в улове на р. Сехе имеют *Perca fluviatilis* и *Leuciscus leuciscus*, длина тела которых составила 19,7 см и 19,9 см, обхват тела – 11,2 см и 10,3 см соответственно. Самыми мелкими рыбами в улове были *Gobio gobio* и *Gymnocephalus cernuus*, длина тела которых составила около 10 см. В улове на р. Унже наибольшие размеры были у *Esox lucius*, длина ее тела составила 46,4 см. Щука имела характерную для вида большую голову, индекс большеголовости составил – 25,9%. Длина тела *Perca fluviatilis* в р. Унже была на 11,7% больше, чем в р. Сехе, но разница статистически недостоверна. Диапазон колебаний коэффициентов вариации всех морфометрических показателей у исследуемых видов рыб, свидетельствует об определенной изменчивости этих признаков. По каждому признаку отдельно и в целом по выборке в наших исследованиях коэффициент вариации не превышал 30%.

Морфометрические показатели рыб в реках Сеха и Унжа

Виды рыб	Основные промеры рыб, см				
	общая длина тела	длина головы	обхват тела	высота тела	толщина тела
река Сеха					
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	10,9±1,1	2,6±0,1	6,5±0,3	2,4±0,2	1,6±0,1
<i>Perca fluviatilis</i>	19,7±1,4	4,3±0,5	11,2±1,9	4,5±0,5	2,3±0,3
<i>Rutilus rutilus</i>	16,03±1,2	2,9±0,3	9,4±0,8	4,01±0,4	1,6±0,3
<i>Leuciscus leuciscus</i>	19,9±1,5	3,8±0,2	10,3±0,8	4,3±0,4	2,3±0,4
<i>Gobio gobio</i>	10,5±0,3	2,1±0,1	5,1±0,3	1,5±0,1	1,4±0,2
река Унжа					
<i>Perca fluviatilis</i>	22,0±0,9	3,9±0,3	14,1±0,9	5,3±0,4	2,7±0,3
<i>Leuciscus leuciscus</i>	19,1±0,7	3,5±0,1	9,5±0,3	3,7±0,1	2,02±0,09
<i>Esox lucius</i>	46,4±3,7	12,0±0,9	17,7±1,5	6,4±0,5	4,1±0,4

Показатели флуктуирующей асимметрии используются как индикатор качества среды обитания рыб, так как их изменения могут вызвать внешние условия, которые нарушают стабильность развития организмов в ходе онтогенеза [5]. Для характеристики стабильности развития рыб подсчитывали билатерально расположенные признаки: число лучей в грудных и брюшных плавниках; число лучей в жаберных перегородках; число жаберных тычинок на 1-ой жаберной дуге; число чешуй боковой линии, прободенных сенсорными канальцами, число глоточных зубов (у *Rutilus rutilus*).

По результатам наших исследований установлено, что в р. Сехе у *Gobio gobio* ЧАПП равен 0,28, что соответствует 1 баллу по оценочной шкале и характеризует развитие особей как условно нормальное. У *Leuciscus leuciscus* и *Rutilus rutilus* ЧАПП равен 0,30 и 0,31 соответственно, что соответствует 2 баллам – незначительные отклонения в развитии. В р. Унже *Esox lucius* и *Perca fluviatilis* имеют условно нормальное развитие, ЧАПП – 0,28 и 0,29 соответственно, что оценивается в 1 балл. У *Leuciscus leuciscus* – незначительные отклонения от нормы в развитии, ЧАПП – 0,31, что соответствует 2 баллам. В целом, реки характеризуются условиями, благоприятными для рыб.

Соотношение полов, характер распределения особей разного пола по размерным и возрастным группам, изменения соотношения полов в процессе размножения различны у разных видов рыб и отражают специфику взаимосвязей популяции данного вида со средой. Половая структура улова разных видов рыб не однородна. В р. Сехе в выборках *Gobio gobio* и *Leuciscus leuciscus* преобладали самцы, половое соотношение составило 1,5:1 и 1,7:1 соответственно, что может неблагоприятно повлиять на репродуктивный потенциал популяции и привести к снижению численности. В выборке *Perca fluviatilis* преобладают самки, половое соотношение 1:2, что считается нормальным для репродукции [8]. Половое соотношение в выборке *Rutilus rutilus* составило 1:1, что является наиболее оптимальным. Выборка *Gymnocephalus cernuus* представлена исключительно самками. Возможно, самцы данного вида ведут более скрытый образ жизни и потому не попали в улов. В р. Унже в

выборках *Leuciscus leuciscus* и *Esox lucius* преобладали самцы, половое соотношение 1,2:1 и 1,3:1 соответственно. Такое отклонение полового соотношения от оптимального можно считать незначительным. В выборке *Perca fluviatilis* половое соотношение равно 1:1, что считается нормой.

Улов рыб на обеих реках представлен молодыми половозрелыми особями, большинство которых имели возраст 3+. В улове отсутствовали особи до 2-х лет и старше 6-ти лет. Средний возраст рыб в улове на р. Сехе составил: *Rutilus rutilus* – 3,3, *Leuciscus leuciscus* – 3,25, *Gobio gobio* – 3,2, *Perca fluviatilis* – 3,3, *Gymnocephalus cernuus* – 3 года. У *Rutilus rutilus*, *Leuciscus leuciscus* и *Perca fluviatilis* в возрастной группе 3+ были только самцы, а в возрастной группе 4+ – только самки. У вида *Gobio gobio* в возрасте 3+ было 80% самцов и 20% самок, в возрасте 4+ – только самки. У вида *Gymnocephalus cernuus* все возрастные группы представлены самками. В р. Унже средний возраст рыб в улове составил: *Perca fluviatilis* – 3,2, *Leuciscus leuciscus* – 3,5, *Esox lucius* – 3,4 лет. У *Esox lucius* в возрастной группе 3+ было 83,3 % самцов, возрастная группа 4+ и 5+ представлена только самками. У *Perca fluviatilis* в возрасте 3+ было 60% самцов, в возрасте 4+ были только самки. У *Leuciscus leuciscus* возраст 3+ имели 80% самцы, в возрасте 4+ преобладали самки, которых было 83,3%.

Таким образом, по результатам исследований установлено, что улов на р. Сехе имел более разнообразный видовой состав ихтиофауны, чем на р. Унже. Значения морфометрических показателей рыб в обеих реках находятся в допустимых пределах, стабильность развития рыб оценивается как условно нормальная или с незначительными отклонениями. В уловах присутствовали молодые половозрелые особи, средний возраст рыб по видам составил в р. Сехе от 3,0 до 3,3 лет, в р. Унже – от 3,2 до 3,5 лет. В младших возрастных группах преобладали самцы, в старших – самки.

Библиографический список

1. Мурадова Л. В., Григорьева К. А. Ихтиофауна как биоиндикатор экологического состояния реки Сеха заповедника «Кологривский лес» // Научные труды государственного природного заповедника «Кологривский лес» : сборник науч. трудов / Ответственный ред. А. В. Лебедев. Кологрив : Федеральное государственное бюджетное учреждение Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, 2017. С. 97–103.
2. Сиротина М. В. Гидрохимические особенности малых рек заповедника «Кологривский лес» // Научные труды государственного природного заповедника «Кологривский лес» : сб. науч. трудов / Ответственный ред. А. В. Лебедев. Том Выпуск 1. Кологрив : Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына», 2017. С. 67–73.
3. Платонов А. Н. Количественная оценка ихтиофауны реки Унжа // Вестник Костромского государственного университета имени Н. А. Некрасова. 2010. Т. 16. № 4. С. 5–7.
4. Евдокимов В. Д., Кривошеин В. В., Назарова А. В. Определитель позвоночных животных Костромской области. Кострома : КГУ имени Н. А. Некрасова, 2007. 192 с.
5. Захаров В. М. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ. М., 2003. 25 с.

6. Чугунова Н. И. Методика изучения возраста и роста рыб. М. : Советская наука, 1952. 115 с.

7. Рыжков Л. П., Дзюбук И. М., Кучко Т. Ю. Ихтиологические исследования на водоемах : учебное пособие для студентов эколого-биологического и агротехнического факультетов. Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2013. 72 с.

8. Жизнь животных. В 7-ми т. / Гл. ред. В. Е. Соколов. Рыбы Т. 4. / под ред. Т. С. Расса. 2-е изд., перераб. М. : Просвещение, 1983. 575 с.

ЭКОЛОГИЯ РЫБ В МАЛЫХ РЕКАХ МАНТУРОВСКОГО УЧАСТКА ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМЕНИ М. Г. СИНИЦЫНА

В. Г. Корзникова¹, Л. В. Мурадова^{1,2}

¹ Костромской государственный университет,

*² Государственный природный заповедник
«Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына,*

korznikova.viktoriya2002@mail.ru, mlv44@mail.ru

В данной статье представлены линейно-весовые показатели и некоторые популяционные особенности ихтиофауны в малых реках Мантуровского участка ГПЗ «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына. На основе анализа исследованных признаков сделана оценка состояния популяции плотвы обыкновенной и ельца обыкновенного в реках Кастово и Иваньчиха на территории заповедника.

Ключевые слова: плотва обыкновенная, елец обыкновенный, флуктуирующая асимметрия, стабильность развития.

Рыбы, как и наземные животные, остро реагируют на изменения окружающей среды, в результате чего могут появляться проблемы с ростом, пищеварением и воспроизводством, хронический стресс ослабляет иммунную систему. Рыба способна находиться в измененном состоянии короткий период времени, после чего, либо адаптируется к условиям, либо стресс становится хроническим [1].

В заповеднике «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына отсутствует антропогенное давление на природные системы, что позволяет нам исследовать популяции рыб в условиях обитания и приспособление их к различным естественным факторам среды. Исходя из этого, целью нашей работы было оценить состояние ихтиофауны в малых реках Мантуровского участка ГПЗ «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына.

Сбор материала для исследования проводили в летний период 2022 года в реках Кастово и Иваньчиха, расположенных на территории заповедника. Анализ морфометрических показателей проводили по методике И. Ф. Правдина, 1966 [2]. Стабильность развития рыб определялась по показателю флуктуирующей асимметрии билатерально расположенных признаков

по методике В. М. Захарова, 2011 [3]. Забор крови у рыб для определения уровня глюкозы и гемоглобина производился из хвостовой вены посредством каудоэктомии по методике Е. В. Пищенко, 2002 [4]. Содержание глюкозы в крови определяли с помощью гемометра, для измерения гемоглобина использовали методику Г. Сали, 1902 [5]. Статистическую обработку полученных данных осуществляли общепринятыми методами с применением программы Excel, 2007.

В результате проведенных исследований отловлено 42 особи рыб, относящиеся к 2 семействам: Карповые и Окунёвые и 6 видам: окунь речной – *Perca fluviatilis*, елец обыкновенный – *Leuciscus leuciscus*, плотва обыкновенная – *Rutilus rutilus*, уклейка обыкновенная – *Alburnus alburnus*, пескарь обыкновенный – *Gobio gobio* и голавль обыкновенный – *Leuciscus cephalus*. Наиболее распространённым видом в р. Кастово является плотва обыкновенная – 47% от общего улова и елец обыкновенный – 26%. В р. Иваньчиха 50% выборки составлял елец обыкновенный и 50 % – плотва обыкновенная.

Таким образом, в исследованных малых реках Кастово и Иваньчиха на Мантуровском участке заповедника наиболее распространёнными видами рыб являются плотва обыкновенная и елец обыкновенный. Широкое распространение этих видов рыб обусловлено их предпочтением к проточным водоемам, а также достаточной кормовой базой.

Морфометрические показатели рыб играют важную роль при характеристике благополучия популяции, т. к. могут показать обеспеченность кормовой базой, репродуктивный статус и возрастной состав (табл.).

Таблица

Экстерьерные промеры исследуемых рыб

Показатели	Плотва обыкновенная	Елец обыкновенный	Пескарь обыкновенный	Уклейка обыкновенная
Река Кастово				
Масса (г)	51,3±14,7	64,3±9,9	11,8±0,9	24,0±2,0
Вся длина (см)	15,2±0,7	18,5±0,9	11,5±0,3	14,5±1,0
Длина туловища (см)	12,3±0,5	15,4±0,9	9,6±0,2	12,2±0,7
Длина головы (см)	2,9±0,2	3,5±0,2	2,4±0,1	2,2±0,2
Высота тела (см)	3,7±0,2	4,0±0,2	1,9±0,1	3,1±0,1
Обхват тела (см)	9,0±0,4	10,6±0,5	5,3±0,1	7,2±0,2
Толщина тела (см)	1,6±0,1	2,0±0,1	1,4±0,1	1,0±0
Река Иваньчиха				
Масса (г)	30,7±13,1	62,5±15,5		
Вся длина (см)	13,6±1,5	17,7±1,7		
Длина туловища (см)	11,1±1,3	14,9±1,4		
Длина головы (см)	2,5±0,3	3,3±0,2		
Высота тела (см)	3,2±0,5	3,9±0,3		
Обхват тела (см)	8,1±0,1	10,2±0,7		
Толщина тела (см)	1,5±0,2	2,0±0,2		

Размеры и вес рыб зависят от условий, в которых они обитают, так у плотвы, достигшей 3-х летнего возраста, длина тела может достигать 15 см,

масса тела от 40 до 80 г. У ельцов максимальная длина тела в реках до 20 см, а масса до 100 г наблюдается в возрасте 3–4 лет. Пескарь в оптимальных для него условиях не достигает длины больше 15 см и веса 20–40 г, уклейка достигает 15 см, в редких случаях 20 см и массой до 60 г [6]. Сравнивая результаты наших исследований с литературными данными установлено, что линейные размеры и масса тела рыб в реках Кастово и Иваньчиха находятся в пределах нормы, характерной для вида. Коэффициент упитанности всех исследуемых видов рыб составил от 1,33 (уклейка) до 2,24 (плотва), что соответствует категории «упитанные» особи. Однако, показатель упитанности плотвы обыкновенной в р. Кастово был на 15% больше, чем у плотвы в р. Иваньчиха, что свидетельствует о более высокой кормности р. Кастово.

Средний возраст плотвы в улове составил 3,7 года (р. Кастово) и 3,3 года (р. Иваньчиха), возраст ельца обыкновенного – 4,3 года (р. Кастово) и 4,0 года (р. Иваньчиха). В возрастной структуре исследованных нами рыб преобладали половозрелые особи в возрасте 3+, что свидетельствует о хорошем репродуктивном потенциале популяций.

В половой структуре плотвы в обеих реках преобладали самцы: 75% (р. Иваньчиха) и 56% (р. Кастово), у ельца в р. Иваньчиха преобладали самки – 75%, в р. Кастово – самцы (78%). Оптимальной половой структурой считается соотношение самцов и самок близкое 1:1, увеличение самок является благоприятным для популяции, т.к. один самец может оплодотворить икру нескольких самок, увеличение самцов в популяции может привести к снижению репродуктивного потенциала.

Интегральным показателем стабильности развития организмов по показателям флуктуирующей асимметрии билатерально расположенных признаков является средняя частота асимметричного проявления признаков (ЧАПП), которая может указывать на ненаправленные отклонения от строгой двусторонней симметрии вследствие несовершенства онтогенетических процессов развиваться в пределах нормы в следствии изменения условий окружающей среды. У исследованных нами видов рыб на реках Кастово и Иваньчиха в 2022 году ЧАПП составила от 0,11 до 0,30, что по шкале оценки стабильности развития соответствует 1 баллу и свидетельствует об условно нормальном развитии рыб в благоприятных условиях среды.

Средний уровень гемоглобина в выборке плотвы обыкновенной на р. Кастово составил $28,6 \pm 2,1$ г/л, у ельца обыкновенного – $24,7 \pm 2,3$ г/л (при условной норме 30–50 г/л). Также установлено, что содержание гемоглобина у самцов было выше у плотвы на 8%, у ельца на 22%, но разница по критерию Стьюдента недостоверна.

Уровень глюкозы в крови рыб зависит от многих факторов, как внешних, связанных с условиями обитания, так и внутренних, физиологических. Высокий уровень глюкозы может свидетельствовать о действии стресс факторов на организм рыб. В результате наших исследований установлено, что средний уровень глюкозы в крови рыб в выборке плотвы обыкновенной составил $9,5 \pm 2,1$ ммоль/л, в выборке ельца обыкновенного – $11,1 \pm 1,8$ ммоль/л.

У самцов обоих видов уровень глюкозы был незначительно выше, чем у самок, но разница статистически недостоверна.

Таким образом, линейно – весовые показатели и некоторые морфобиологические особенности исследованных нами видов рыб в реках Кастово и Иваньчиха на территории заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына находятся в пределах нормы, что свидетельствует об их стабильном развитии в благоприятных условиях обитания.

Библиографический список

1. Моисеенко Т. И. Морфофизиологические перестройки организма рыб под влиянием загрязнения (в свете теории С. С. Шварца) // Экология. 2000. № 6. С. 463–472.
2. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М. : Пищевая промышленность, 1966. 375 с.
3. Захаров В. М., Трофимов И. Е. Экологическое нормирование (оценка состояния природных популяций по стабильности развития) // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2011. 102 с.
4. Пищенко Е. В. Гематология пресноводной рыбы : учебное пособие. Новосибирск, 2002. 48 с.
5. Полозюк О. Н., Ушакова Т. М. Гематология : учебное пособие. Персиановский : Донской ГАУ, 2019. 159 с.
6. Сабанеев Л. П. Рыбы России. Украина : Госсельхозиздат, 1960. 370 с.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ГИДРОБИОНТОВ РЕКИ КАРАКИЯСАЙ

*З. А. Мустафаева¹, Н. И. Лебедева¹, Н. О. Титова²,
Н. Я. Азизов¹, У. Т. Мирзаев¹*

*¹ Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан,
zuri05@mail.ru*

*² Научно-исследовательский институт рыбоводства Узбекистан,
narcissus14.07.1990@mail.ru*

В статье приведены результаты исследований перифитона и бентофауны в водных сообществах реки Каракиясай. Так в обрастаниях реки в зимний период было отмечено 62 вида, весной – 70, летом – 47 видов и осенью – 89 видов микроводорослей. В зообентосе р. Каракиясай отмечено: зимой – 22 вида, весной – 19, летом – 16 и осенью – 26 видов. В зависимости от сезона года на исследованных участках реки качество воды изменяется от I–II, II классов (зима – весна) до III, III–IV (лето – осень); экологическое состояние также меняется от АБ (Ф) фоновое до АБ и переходного АБ-АБ

Ключевые слова: река Каракиясай, перифитон, макрозообентос, ихтиофауна, качество воды, экологическое состояние.

Многочисленные и разнообразные водные объекты составляют неотъемлемую часть природы горной территории Среднеазиатского региона.

Большинство водных объектов Западного Тянь-Шаня, и в частности, Угам-Чаткальского Государственного Национального парка (УЧНП) и входящего в его состав Чаткальского биосферного заповедника, организованного в 1992 г. на территории Ташкентской области Узбекистана, расположены в пределах – Угамского, Пскемского, Сандалашского и Чаткальского хребтов.

Парк включен в список Всемирного наследия ЮНЕСКО и является самым крупным природоохранным комплексом Узбекистана. Площадь парка составляет 574,6 тыс. га, из которых 56,4 тыс. га – занимает лесистая зона, 177,3 – пастбища и сенокосы, 1,61 – поливные земли, 329,4 – горная, скалистая местность [1].

В данной статье приводятся результаты мониторингового исследования перифитона и бентофауны реки Каракиясай, проводимые в рамках прикладного совместного проекта с Белоруссией (MRB-545-2021) целью которого было: «оценить экологическое качество (экологический статус) речных экосистем и провести сравнительный анализ их состояния на основе биотических индексов с использованием индикаторных групп гидробионтов (макрозообентос) на охраняемых природных территориях в условиях Беларуси и Узбекистана». Исследования проводили на территориях горных, предгорных зон Угам-Чаткальского национального парка Ташкентской области в 2022 г. Экспедиционный отбор проб перифитона и зообентоса проводился в зимне-осенний период выше п. Сайлык (41°38'52,58" N и 69°47'46,12" E).

Река Каракиясай в зимне-весенний период представляет собой типичный горный холодноводный поток с быстрым течением и каменисто-галечниково-песчаным дном. Расположена в горном лесном поясе. Питание снегово-дождевое и частично родниковое (грунтовое). Дневная температура воды зимой составляет 3–8 °С, в весенне-летний период от 9,7–18 °С и до 25 °С в летне-осенний дневной прогрев воды. Глубина отбора проб 0,2–0,5 м, а летом-осенью 0,10 м (из-за разбора воды на полив частных угодий).

Визуальные характеристики: умеренное (обычное) наполнение русла; течение быстрое зимой-весной и очень медленное летом-осенью; дно – камни, галька, валуны, песок, наилкок. Водная биота развивается умеренно-хорошо в течение всего года. На протяжении всего вегетационного года наблюдается развитие дерновин водяного мха и древесно-кустарниковой растительности по берегам.

Перифитонные сообщества развивается умеренно в зимний период (62 вида) и хорошо – обильно весной (75 видов организмов, из которых из продуцентов 70 видов и форм микроводорослей и 5 видов из группы консументов). В этот период в обрастаниях преобладают бореально-альпийские и горные криофильные виды – индикаторы х-, х-о-, о- и о-β-мезосапробных условий характерных для фоновых водотоков УЧНП. Представлены диатомеи *Diatoma hiemale* и ее вариациями, *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kütz. и ее вариациями, *Achnanthes linearis* (W.Sm.) Grun., *Cymbella helvetica* Kütz., *C.delicatula v.sibirica* Kütz., *Synedra amphicephala* Kütz., *S.Goulardii* (Breb.) Grun., *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) и золотистой водорослью *Hydrurus foetidus*.

В летне-осенний период наблюдалось падение уровня воды до состояния малого ручья, что привело к повышению уровня трофности (летом отмечено 47 видов и осенью 89 видов) и образованию характерных слизистых «плюшек», пленочек, корочек и наростов синезеленых водорослей из родов *Phormidium*, *Lyngbya*, *Calothrix*, *Chamaesiphon*, *Plectonema*, и массовому развитию нитчатых зеленых водорослей *Cladophora glomerata* (L.) Kütz., *Spirogyra* sp. и др. [2–5].

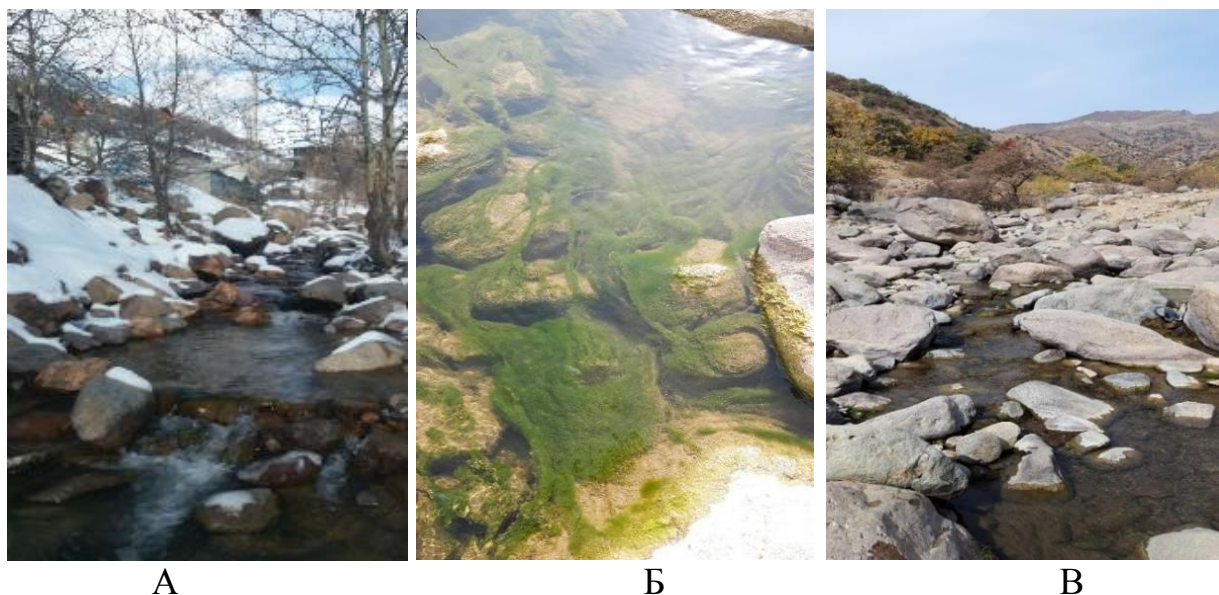


Рис. Река Каракиясай, места сбора проб перифитона:
 А – зима, 16.02.2022 г.; Б – лето, массовое развитие нитчатых водорослей, 18.07.2022 г.; В – осень, русло практически пересохло, 14.10.2022 г.

В маловодные годы в летне-осенний период река практически пересыхает из-за снижения поступления и разбора воды на полив огородов, и выглядит как эвтрофированный ручей (рис.).

По результатам анализа проб перифитона были рассчитаны индексы сапробности (ИС) [6] и биотический перифитонный индекс (БПИ) [7], определены класс качества воды и экологическое состояние исследованных участков реки (табл.).

Таблица

Индекс сапробности (ИС), биотический перифитонный индекс (БПИ), класс качества воды и экологическое состояние р. Каракиясай

Показатели	Р. Каракиясай			
	зима	весна	лето	осень
сезон				
ИС	1,47	1,32	1,76	1,83
БПИ	7–8	9	6	6
Класс качества воды	II	I–II	III	III
Экологическое состояние	АБ(Ф)	АБ (Ф)	АБ	АБ

Макрозообентос. Наиболее яркой особенностью зообентосных сообществ фоновых водотоков является преобладание криофильных и полиоксибионтных видов с выраженным приспособлением к течению. Видовое разнообразие в целом невысокое, отсутствует явное доминирование того или иного вида.

В зимний период в пробе бентоса было обнаружено 22 вида зообентоса из 3 групп: поденки – 7 видов; ручейники – 4 вида; двукрылые – 11 видов. Состав бентофауны в этот период был представлен горными и предгорными х-о, о-, о-b-, b-мезосапробными видами поденок *Ephemerella submontana*, *Ecdyonurus rubrofasciatus*, *Baetis rhodani*, *B.vardarensis* var. *caucasicus*, *B.stipposus*, ручейников *Cheumatopsyche lepida*, *Hydropsyche ornatula*, хирономид родов *Eukiefferiella*, *Tanytarsus* [8–10].

Весной в пробе было обнаружено 19 видов зообентоса из 6 групп: веснянки Plecoptera – 2 вида (*Filchneria* sp., *Capnia* sp.); поденки Ephemeroptera – 2 вида (*Baetis rhodani*, *Ameletus lineatus*); ручейники Trichoptera – 4 вида (*Hydropsyche ornatula*, *Hydropsyche gracilus*, *Cheumatopsyche lepida*, *Hydroptila femoralis*); стрекозы Odonata – 1 вид (*Anax imperator*); малощетинковые черви Oligochaeta – 1 вид (*Eiseniella tetraedra*); личинки двукрылых Diptera – 9 видов (*Blepharocera* sp., *Simuliidae* gen. sp., *Tipula* sp., *Eukiefferiella* sp. (*quadridentata?*), *E. alpestris*, *Cricotopus* gr. *silvestris*, *Cricotopus bicinctus* и др.). Показатели численности в мае 2022 г. составляли 1397 экз/м², а биомассы 13,0025 г/м².

По показателям зообентоса за май 2022 г. данная точка отбора соответствует о-β-мезосапробной зоне, т.е. показатели сапробности (S) находятся в диапазоне между 1,5 до 2,0. По показателям МБИ данная точка соответствует II классу качества – фоновое (хорошее) [11]. Индекс Вудивисса по реке соответствовал 8 баллам (чистый водоток) [12].

В летних пробах в бентофауне р. Каракиясай было отмечено 16 видов из 7 групп: поденки – 3 вида (*Ecdyonurus rubrofasciatus*, *Baetis stipposus*, *B.rhodani*) ручейников – 2 вида (*Hydroptila femoralis*, *Hydropsyche gracilus*), Diptera двукрылые – 7 видов (*Tanytarsus exiguus*, *Micropsectra* sp., *Cricotopus bicinctus*, *Eukiefferiella* sp., *E.similis*, *Pelopia willipenis* и *Brillia modesta*) по 1 виду: Odonata (*Calopteryx splendens*), Coleoptera (*Esolus* sp.), Mollusca (*Physa acuta*), Oligochaeta (*Eiseniella tetraedra*). Показатель численности зообентоса в июле 2022 г. составлял 182 экз./м², а биомассы – 0,1185 г/м². Индекс Вудивисса соответствовал 6–7 баллам (незначительное загрязнение).

В осенний период было отмечено антропогенное воздействие на участке отбора проб и появлением эврибионтных b-a, a-мезосапробных видов поденок – *Baetis transiliensis*, ручейников – *Hydropsyche gracilus*, хирономид – *Cricotopus silvestris* и *Cricotopus bicinctus*, а так же р-сапробных видов, таких как хирономиды родов *Chironomus* и *Clinotanypus*. Основу зообентоса составляют истинно донная фауна представленная 26 видами из 8 групп: Ephemeroptera – 2, Hydracarina – 1, Diptera – 10 видов, Coleoptera – 3,

Hemiptera – 1, Mollusca – 4, Trichoptera – 4, Oligochaeta – 1, характерных для чистых и умеренно загрязненных вод.

Показатели сапробности (S) находятся в диапазоне от 2,0 до 3,0. По показателям МБИ соответствует III и переходному III–IV классу качества (неудовлетворительное).

Полученная гидробиологическая информация свидетельствует о том, что стабильно высокое/хорошее качество воды характерно для участка реки, не подверженного прямому антропогенному влиянию, где изменения гидробиологических показателей имеют естественную природу и зависит в основном от динамики климатических факторов.

Значения формальных индексов изменяются в холодный период (зима – весна) в пределах: БПИ – 7–9 баллов, ИС – 1,32–1,47, МБИ и индекс Вудивиса – 8 баллов, что соответствует I–II и, II классам качества (очень чистые/чистые воды). В летне-осенний период по р. Каракиясай наблюдается резкое понижение уровня и качества воды, повышается уровень трофности, что хорошо прослеживается по биотическим индексам БПИ – 5–6 баллов, МБИ – 4–6 баллов, ИС – 1,76–1,83, что соответствует уровню β - и β - α -мезосапробности, т. е. в основном III и переходному III – IV классам качества воды (умеренно-загрязненные воды).

Экологическое состояние также в зависимости от сезона оценивается от АБ (Ф) – естественный (ненарушенный) комплекс видов до АБ – удовлетворительное экологическое состояние, характеризующееся метаболическим и экологическим прогрессом биоценозов.

Библиографический список

1. Национальная энциклопедия Узбекистана. 2000–2005. [Электронный ресурс]. – URL: <https://wiki2.org/ru> (дата обращения: 05.03.2023).
2. Макрушин А. В. Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения. Л. : Наука, 1974.
3. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. М. : СЭВ, 1976. – 4.3, 185 с.; Приложение 1: Индикаторы сапробности. 1977. 91 с.; Приложение 2: Атлас сапробных организмов. 1977. 227 с.
4. Мошкова Н. А., Голлербах М. М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Т-10, Зеленые водоросли. Класс Улотриксковые. Л. : Изд-во «Наука», 1986. 378 с.
5. Определитель низших растений. Водоросли / Л. И. Курсанов, М. М. Забелина, К. И. Мейер, Я. В. Ролл, Н. И. Пешинская. М. : Изд-во «Советская наука», 1977. Т. 1. Т. 2.
6. Sladecek V. System of water quality from biological point of view-Archiv f. Hydrobiol., Ergebnisse der Limnologie. Bd. 7, 1973.
7. Тальских В. Н. Оценка состояния перифитонного сообщества по биотическому перифитонному индексу // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Вып. 2, Л. : Гидрометеоздат, 1989. С. 57–60.
8. Лепнева С. Г. Фауна СССР. Ручейники. Т. 2, Вып. 1, М-Л. : Изд-во Наука, 1964.
9. Тесленко В. А., Жильцова Л. А. Определитель веснянок (Insecta, Plecoptera) России и сопредельных стран. Имаго и личинки. Владивосток : Дальнаука, 2009. 382 с.
10. Мамаев Б. М., Медведев Л. Н., Правдин Ф. Н. Определитель насекомых европейской части СССР. М. : Просвещение, 1976. С. 103–187.

11. Булгаков Г. П. Принципы оценки качества текучих вод Узбекистана с помощью МБИ // Труды САНИГМИ. Главгидромет РУз. 1989. Вып. 135(216). С. 13–21.

12. Вудивис Ф. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л. : Гидрометеиздат, 1977. С. 132–161.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА БПК В ВОДОЕМАХ ГОРОДА ТУЛЫ С ПОМОЩЬЮ БПК-БИОСЕНСОРА НА ОСНОВЕ АССОЦИИ ДРОЖЖЕЙ, ИММОБИЛИЗОВАННОЙ В КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКУЮ МАТРИЦУ

Е. А. Ланцова, Е. А. Кучерявая, О. А. Каманина
Тульский государственный университет, e.a.lantsova@tsu.tula.ru

В статье описано получение биорецепторного элемента, содержащего иммобилизованную ассоциацию дрожжей в золь-гель матрицы *Ogataea polymorpha* ВКМ У-2559, *Blastobotrys adeninivorans* ВКМ У-2677 и *Debaryomyces hansenii* ВКМ У-2482 и примененного в составе биосенсора для определения индекса БПК. Для сравнения применен стандартный метод определения БПК₅. Определены уровни загрязнения в водоемах Тулы по индексу БПК.

Ключевые слова: золь-гель, биосенсор, ассоциация дрожжей, биохимическое потребление кислорода, иммобилизация микроорганизмов.

В последнее время антропогенная деятельность приводит к значительному увеличению концентрации органических примесей, которые попадают в поверхностные воды. Для эффективного экологического контроля за состоянием водных ресурсов применяются различные методы. Однако, стандартный анализ качества воды является трудоемкой процедурой, а также требует владением ряда аналитических методов [1].

Одним из важных этапов при анализе воды является определение индекса биохимического потребления кислорода. Стандартный метод измерения БПК основывается на определении концентрации растворенного кислорода сразу после отбора в пробе воды, а также спустя определенное время после проведения инкубации пробы. Главным недостатком данного метода является продолжительность тестов, которая составляет 5, 10 или 20 суток. Стандартный метод не дает оперативной информации для мониторинга состояния водоемов [2].

В связи с этим для быстрого и эффективного определения органических соединений в образцах поверхностных вод может быть использован метод биосенсорной детекции [3]. За последнее время было разработано большое количество БПК-биосенсоров, основанных на определении бактериального дыхания, потреблении кислорода иммобилизованными клетками микроорганизмов и различных ферментативных реакций [4, 5]. Дрожжи часто применяются в качестве биоматериала благодаря устойчивости к отрицательным

факторам окружающей среды и возможности долгое время функционировать в составе биорецептора без замены биоматериала. БПК-биосенсоры, содержащие ассоциацию дрожжей, способны обнаруживать более широкий спектр субстратов, что является одним из преимуществ для определения индекса БПК [6].

В работе был сформирован биорецепторный элемент, содержащий ассоциацию дрожжей *Ogataea polymorpha* ВКМ У-2559, *Blastobotrys adenivorans* ВКМ У-2677 и *Debaryomyces hansenii* ВКМ У-2482, иммобилизованной в золь-гель матрицу на основе метилтриэтоксисилана (МТЭС) и тетраэтоксисилана (ТЭОС) в объемном соотношении 85/15. Данные штаммы дрожжей были выбраны благодаря ряду их особенностей, которые позволяют их использовать в области биосенсорики. Штаммы *O. polymorpha* и *B. adenivorans* способны расти при температуре до 45 °С [7, 8]. Кроме того, штаммы *B. adenivorans* и *D. hansenii* способны расти в средах с содержанием NaCl до 20% [9, 10]. Также эти штаммы обладают широкой субстратной специфичностью.

Использование золь-гель метода для инкапсулирования ассоциации дрожжей позволяет получить биоматериал, способный длительное время сохранять свою окислительную активность, а также защищенный от вредных факторов окружающей среды [11].

Для апробации сформированных биорецепторных элементов были определены индексы БПК в реальных образцах поверхностных вод из различных водных объектов г. Тулы (рис.).

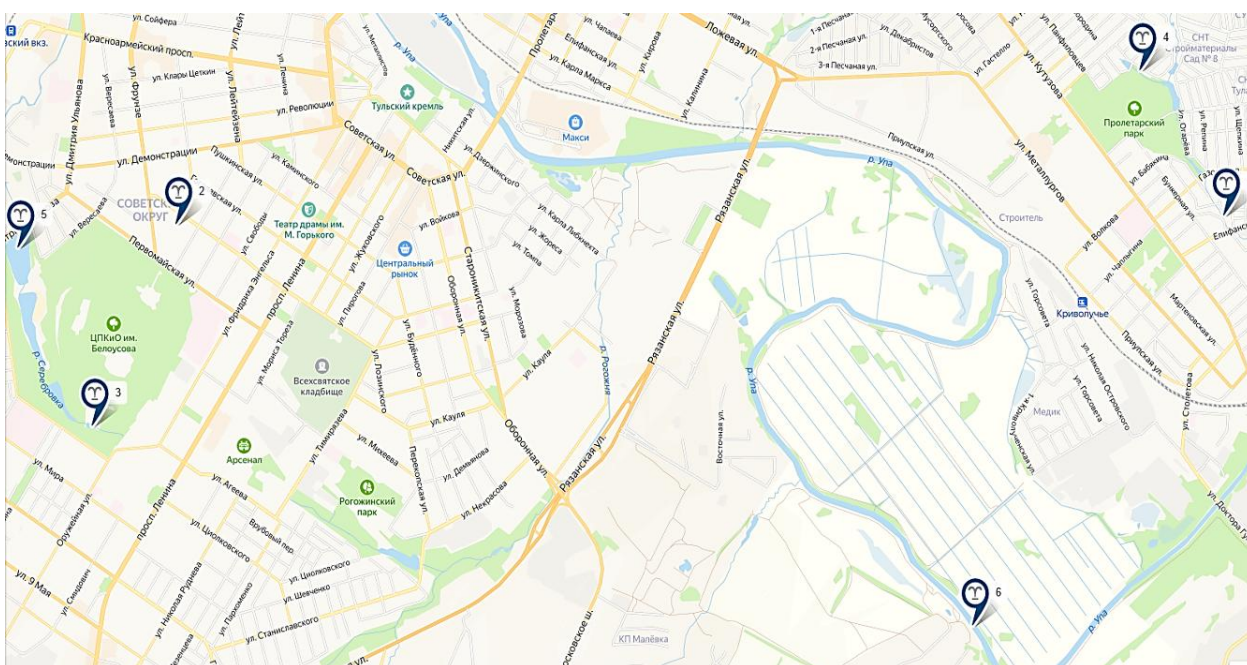


Рис. Карта отбора проб поверхностных вод в г. Туле

В качестве референтного метода был использован стандартный метод определения БПК₅, который был выполнен согласно ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97. Полученные результаты представлены в таблице.

**Результаты определения БПК в реальных образцах поверхностных вод
г. Тулы**

№	Место отбора пробы	Координаты	Способ измерения БПК, мгО ₂ /дм ³		Степень загрязнения (класс чистоты)
			с помощью биосенсора	стандартный метод (БПК ₅)	
1	р. Шат, г. Тула	54.1243 с.ш. 37.78336 в.д.	0,9±0,1	0,9±0,2	Очень чистая
2	Колодец, г. Тула	54.18755 с.ш. 37.59482 в.д.	0,7±0,1	0,7±0,1	Очень чистая
3	р. Серебровка, г. Тула	54.17566 с.ш. 37.58638 в.д.	1,0±0,1	1,0±0,2	Очень чистая
4	Пролетарский парк, пруд, г. Тула	54.19515 с.ш. 37.70338 в.д.	1,3±0,2	1,3±0,2	Чистая
5	Белоусовский парк, пруд, г. Тула	54.17799 с.ш. 37.5815 в.д.	8,4±0,2	8,4±0,3	Грязная
6	р. Упа, г. Тула	54.16492 с.ш. 37.68066 в.д.	2,9±0,1	2,9±0,2	Умеренно загрязненная

С использованием статистического анализа полученных результатов индекса БПК показано, что выборки двух методов однородны по воспроизводимости. Полученные значения индекса БПК незначимо отличаются между собой. По результатам определения индекса БПК установлено, что образцы поверхностных вод относятся к 4 классам чистоты: очень чистые, чистые, грязные и умеренно загрязненные.

Таким образом, сформированный БПК-биосенсор на основе смеси клеток дрожжей *Ogataea polymorpha* ВКМ У-2559, *Blastobotrys adenivorans* ВКМ У-2677, *Debaryomyces hansenii* ВКМ У-2482, иммобилизованных в золь-гель матрицу с соотношением МТЭС/ ТЭОС 85/15 об. % является перспективным инструментом для экспресс мониторинга загрязнений в поверхностных водах.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых - кандидатов наук договор № МК-4049.2022.1.3.

Библиографический список

1. Nugraha W. D., Sarminingsih A., Alfisya B. The Study of Self Purification Capacity Based on Biological Oxygen Demand (BOD) and Dissolved Oxygen (DO) Parameters // In Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; IOP Publishing. 2020. Vol. 448. P. 12105. doi: 10.1088/1755-1315/448/1/012105
2. Flame-Oxidized Stainless-Steel Anode as a Probe in Bioelectrochemical System-Based Biosensors to Monitor the Biochemical Oxygen Demand of Wastewater / Q. Liang, T. Yamashita, R. Yamamoto-Ikemoto, H. Yokoyama // Sensors. 2018. Vol. 18. P. 607. doi: 10.3390/s18020607

3. Sonawane J. M., Ezugwu C. I., Ghosh P. C. Microbial Fuel Cell-Based Biological Oxygen Demand Sensors for Monitoring Wastewater: State-of-the-Art and Practical Applications // ACS sensors. 2020. Vol. 5. P. 2297–2316. doi: 10.1021/acssensors.0c01299
4. Biosensors for Wastewater Monitoring: A Review / F. Ejeian, P. Etedali, H.-A. Mansouri-Tehrani, A. Soozanipour, Z.-X. Low, M. Asadnia, A. Taheri-Kafrani, A. Razmjou // Biosens. Bioelectron. 2018. Vol. 118. P. 66–79. doi: 10.1016/j.bios.2018.07.019
5. Microbial Biosensors for Rapid Determination of Biochemical Oxygen Demand: Approaches, Tendencies and Development Prospects / V. A. Arlyapov, Y. V. Plekhanova, O. A. Kamanina, H. Nakamura, A. N. Reshetilov // Biosensors. 2022. P. 12. doi: 10.3390/bios12100842
6. Nakanishi A., Yoshida W., Karube I. Organic Matter BOD Biosensor Monitoring 36 // Handb. cell Biosens. 2022. P. 911. doi: 10.1007/978-3-319-47405-2_95-1
7. Metabolic Regulation Adapting to High Methanol Environment in the Methylotrophic Yeast *Ogataea Methanolica* / H. L. Cai, R. Doi, M. Shimada, T. Hayakawa, T. Nakagawa. // Microb. Biotechnol. 2021. Vol. 14. P. 1512–1524. doi: 10.1111/1751-7915.13811
8. Malak A., Baronian K., Kunze G. Blastobotrys (*Arxula*) Adeninivorans: A Promising Alternative Yeast for Biotechnology and Basic Research // Yeast. 2016. Vol. 33 P. 535–547. doi: 10.1002/YEA.3180
9. Development of a recombinant *Arxula adenivorans* cell bioassay for the detection of molecules with progesterone activity in wastewater / A. Chamas, A. Nieter, H. T. M. Pham, M. Giersberg, K. Hettwer, S. Uhlig, K. Simon, K. Baronian, G. Kunze // Anal Bioanal Chem. 2015. Vol. 407. P. 8109–8120. doi: 10.1007/S00216-015-8985-7
10. The halotolerant *Debaryomyces hansenii*, the Cinderella of non-conventional yeasts / C. Prista, C. Michán, I. M. Miranda, J. Ramos // Yeast. 2016. Vol. 33 P. 523–533. doi: 10.1002/YEA.3177
11. SOL GEL : PRINCIPLE AND TECHNIQUE (A REVIEW) / Y. M. Liza, R. C. Yasin, S. S. Maidani, R. Zainul // INA-Rxiv. 2018. doi: 10.31227/OSF.IO/2CUH8

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ИЗ ПОСТОЯННЫХ ВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

П. Д. Ивлева

Тульский государственный университет, polinaivleva65@gmail.com

В статье представлен опыт применения метода биотестирования для анализа поверхностных вод постоянных водных источников г. Тулы с помощью оценки прорастания и развития гороха посевного *Pisum sativum* L. Было проведено сравнение воды из прудов сельской и городской местностей.

Ключевые слова: биотестирование, поверхностные воды, качество воды, горох посевной.

За последнее столетие население мира значительно увеличилось и, по оценкам экспертов, достигнет 9,8 млрд человек в 2050 году и 11,2 млрд человек в 2100 году по сравнению с 7,6 млрд человек в 2017 году [1]. При этом с ростом населения будет увеличиваться и нагрузка на водоснабжение для бытовых, сельскохозяйственных и промышленных нужд. В свою очередь с увеличением использования водных ресурсов также вырастет вероятность и воз-

никновение загрязнения воды, а, следовательно, и угроза для экосистем и здоровья человека. В результате чего, постоянно возрастающая и непрерывная эксплуатация водных ресурсов представляет серьезную угрозу для окружающей среды, что требует постоянного мониторинга [2].

Водные объекты и другие компоненты окружающей среды часто загрязняются широким спектром сложных смесей химических веществ, в результате чего становится все труднее и дороже проводить систематический и аналитический анализ таких объектов. Относительно дешевой, простой и быстрой альтернативой является биотестирование, поскольку с помощью этого метода можно проводить оценку на обширных территориях и получать прямую информацию о реакции организмов на стрессовые факторы. В результате чего, на мировом уровне признано, что химический анализ водных сред необходимо совмещать с их биотестированием [3].

Биотестированием называют процедуру установления токсичности среды с помощью различных тест-объектов, которые сигнализируют об опасности вне зависимости от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-организмов [4]. В качестве тест-объектов используют различные организмы, в частности, высшие и низшие растения, бактерии, водоросли, водные и наземные беспозвоночные и другие.

Цель работы: определить качество воды из прудов в Центральном парке и бывшем сельском хозяйстве (с/х) Новомедвенском г. Тулы с помощью оценки прорастания и развития гороха посевного *Pisum sativum* L.

В качестве тест-объекта был выбран горох посевной *P. sativum*, так как для проращивания семян необходимо большое количество воды, и при набухании они могут поглотить до 120% воды от своей массы.

Для выявления токсического воздействия на растения, было проведено сравнение длин корешков и проростков. Семена тест-объекта находились в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной анализируемой водой. Эксперимент продолжался в течении 8 суток [5].

Объектами исследований были выбраны 2 постоянных водоема. Все пробы были взяты на территории Тулы в период с октября по декабрь 2022 года.

На 5 день эксперимента (рис. 1) корни проростков гороха посевного, проросшего на воде из постоянного водоема Центрального парка г. Тулы (образец № 1), в 2,2 раза короче, чем проростки, проросшие на воде из пруда с/х Новомедвенского (образец № 2) и контролем. Между образцом № 1 и дистиллированной водой сильных различий выявлено не было. На 6 день эксперимента мы видим постепенное накопление веществ, которые препятствуют нормальному развитию корешков, в последующие дни скорость роста была схожа со скоростью роста контроля. По окончанию эксперимента длина корешков, в сравнении с контролем, была меньше в 1,7 (образец № 2) и 1,2 (образец № 1) раза.

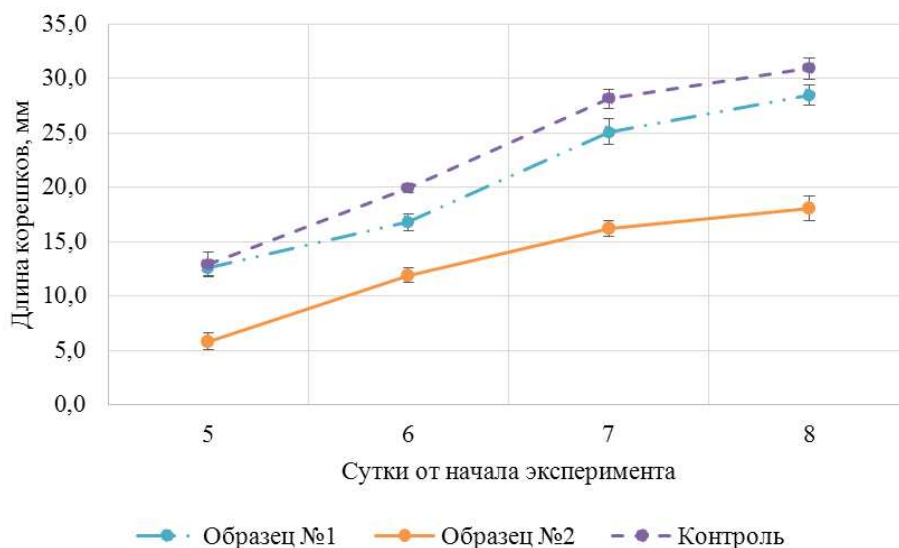


Рис. 1. Динамика роста корешков под влиянием природных вод постоянных водоемов

Образец № 2 (рис. 2) с водой из пруда сельской местности и проба № 1 с водой из пруда городского парка на 8 сутки отстали в росте от пробы контроль в 2,2 и 1,8 раза соответственно. Самый медленный темп роста наблюдается у пробы, взятой из пруда Центрального парка. Показатели на 6 сутки у всех проб приблизительно одинаковые.

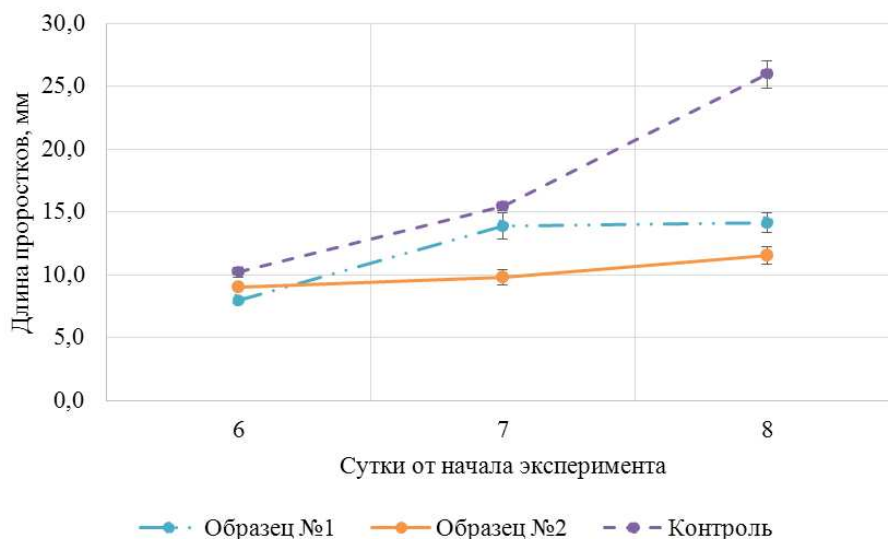


Рис. 2. Динамика роста проростков под влиянием природных вод постоянных водоемов г. Тулы

При сравнении кривых роста, построенных на основе данных по развитию корешков и проростков, мы можем предположить, что у пробы № 2 (пруд г. Тула, с/х Новомедвенский) вещества, находящиеся в воде, не проявляли сильное токсическое воздействие при развитии клеток тканей корешков, так как скорость роста корешков приближена к контрольной пробе. Но на 7 день эксперимента ингибирующее свойство веществ ярко отразилось на

развитие проростков. Так же стоит отметить, что на 8 день эксперимента на некоторых корешках можно было наблюдать небольшие зачатки придаточных корней.

Вода, взятая из Центрального парка г. Тулы – проба № 1 – проявила токсическое действие на развитие как корешков, так и проростков. Скорость развития и тех, и других, по сравнению с контролем и пробой № 5 самое низкое. На 8 день эксперимента на корешках не наблюдались зачатки придаточных корней, как с пробой № 2.

При сравнении результатов проведенного биотестирования проб воды из постоянных природных источников, мы можем сделать вывод, что сильно негативное действие на развитие гороха посевного оказывает образец взятый из пруда Центрального парка. Часть проростков не смогли полностью выйти из семенной кожуры. Но при этом вода из обоих мест сбора пригодна для нормального развития живых организмов.

Библиографический список

1. Население мира будет расти, стареть, дольше жить и меньше мигрировать // Научно-образовательный портал IQ. [Электронный ресурс]. – URL: <https://iq.hse.ru/news/177669242.html> (дата обращения: 05.01.2023).
2. Chemical pollution imposes limitations to the ecological status of European surface waters / L. Posthuma, M. C. Zijp, D. De Zwart, D. Van de Meent, L. Globevnik, M. Koprivsek, A. Focks, J. Van Gils, S. Birk // Scientific reports. 2020. Vol. 10. Iss. 1. P. 1–12.
3. Олькова А. С. Актуальные направления развития методологии биотестирования водных сред // Вода и экология: проблемы и решения. 2018. № 2 (74). С. 40–50.
4. Шайхутдинова А. А., Трубникова А. С., Кадыргулова А. Ф. Биотестирование природной воды р. Белой по проросткам растений-индикаторов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 6 (68).
5. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНОВ МЕДИ И СМЕСИ ИОНОВ МЕДИ И ЛАНТАНА НА АМФИПОД *HYALELLA AZTECA SAUSSURE, 1858*

М. А. Сысолятина¹, Р. А. Ложкина², А. С. Олькова¹, И. И. Томилина²

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

² *Институт биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина РАН*

Проводили оценку токсичности эквимолярных по количеству ионов металлов растворов сульфата меди и его смеси с сульфатом лантана на разноногого рачка *Hyalella azteca* Saussure, 1858. Показано, что в хроническом опыте (40 дней) в растворе со смесью веществ лантан потенцирует действие меди с возрастанием эффектов в растворах 0,16 и 0,8 мкмоль/л по тест-функциям «гибель» и «линейные размеры».

Ключевые слова: токсичность, лантан, медь, совместное действие редкоземельные элементы, *Hyalella azteca*.

Редкоземельные элементы (РЗЭ) в рудных минералах часто встречаются совместно с другими химическими элементами, в том числе с тяжелыми металлами (ТМ). РЗЭ и ТМ используют комплексно при изготовлении сплавов с заданными свойствами. В результате, как в районах добычи и переработки руд [1], так и в недобывающих районах [2], встречается загрязнение компонентов окружающей среды РЗЭ и ТМ.

В работе по оценке генотоксичности и повышению лабильности Zn в жабрах радужной форели *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792 показан синергизм смеси различных РЗЭ и Zn [3]. По результатам исследования биодоступности Fe и РЗЭ (Y и Ce) выявлен эффект антагонизма за счет образования осадка [4].

Данных о совместном воздействии РЗЭ и ТМ на окружающую среду недостаточно, а опубликованные результаты противоречивы. Цель работы – сравнить действие ионов меди и ее смеси с ионами лантана на гибель и линейные размеры амфипод *Hyalella azteca* Saussure, 1858.

Модельными токсикантами были растворы сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и сульфата лантана $\text{La}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, содержащие расчетные концентрации ионов металлов 0,16 и 0,8 мкмоль/л. Растворы с комбинацией солей меди и лантана содержали одинаковое расчетное количество действующих ионов (1:1).

Контактное биотестирование проводили с использованием тест-организма *H. azteca*. Молодь амфипод помещали в количестве 10 особей в 200 мл тестируемой среды. Возраст молоди 1–3 дня, линейные размеры не более 3 мм (калибровка с помощью сита). Эксперименты проводили в 3-х кратной повторности; контроль – водопроводная отстоянная вода, используемая для длительного культивирования *H. azteca* и приготовления модельных растворов. Каждые 10 суток растворы менялись на свежие. Продолжительность наблюдений – 40 дней.

Основные показатели качества контрольной воды: pH $7,6 \pm 0,4$, перманганатная окисляемость $< 3,0$ мгО/дм³, жесткость $4,74 \pm 0,71$ мг-экв/дм³, железо общее $0,7 \pm 0,23$, нитраты $1,1 \pm 0,31$, хлориды $8,67 \pm 0,87$, сульфаты $17,9 \pm 1,79$ мг/л, медь общая – ниже предела обнаружения (по данным аналитического центра ИБВВ РАН).

Ежедневно оценивали гибель по полной неподвижности особей (плавательные движения отсутствуют и не возобновляются при лёгком прикосновении).

Линейные размеры амфипод измеряли под биноклем с использованием шкалы окуляр-микрометра на 14, 28 и 40 сутки (конец эксперимента): от основания 1-й антенны до конца третьей уropоды конечности последнего брюшного сегмента вдоль дорзальной поверхности.

Данные представляли в относительных величинах (%), сравнивая с контрольными данными, принятыми за 100%. Достоверность различий оценивали методом дисперсионного анализа (ANOVA, LSD-тест) при уровне значимости $p < 0,05$.

На момент завершения эксперимента гибель амфипод в контроле не превышала 10%.

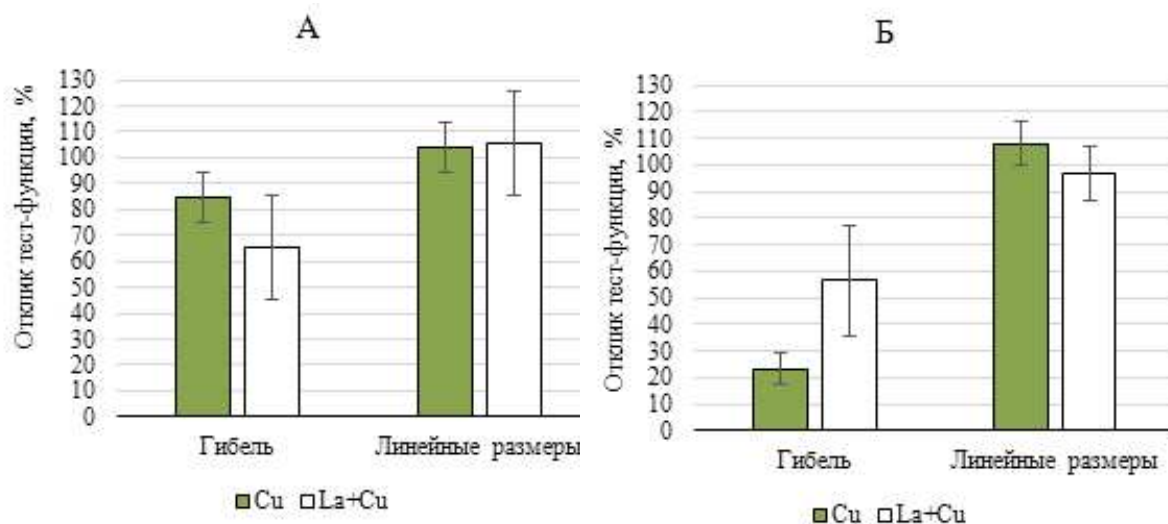


Рис. Влияние растворов на тест-функции *Hyalella azteca*, %
 А – 0,16 мкмоль/л, Б – 0,8 мкмоль/л

Растворы сульфата меди (0,16 мкмоль/л Cu^{2+}) не вызывали значимой гибели *H. azteca* (рис.). Эквимолярная смесь « Cu^{2+} и La^{3+} » снижала продолжительность жизни амфипод до 65% по сравнению с контролем. Различия между действием ионов меди и их смеси с лантаном оказались достоверны, то есть, раствор, где наиболее токсичного элемента – меди – было в 2 раза меньше, приводил к большей гибели тест-организмов. Следовательно, в данном случае лантан усиливал действие меди. Полученный эффект аналогичен действию исследуемых растворов на двигательную активность *Daphnia magna* Straus, 1820 [5].

Линейные размеры в сравниваемых растворах (0,16 мкмоль/л) не отличались между собой.

При увеличении концентраций растворов в 2 раза эффекты закономерно усилились (рис. Б).

В эквимолярных растворах, содержащих ионы меди и их смесь с лантаном (0,8 мкмоль/л), гибель *H. azteca* к концу эксперимента достигла 23,3 % и 56,7 % относительно контроля соответственно. То есть наблюдали такой же эффект как в растворе с низким содержанием смеси меди и лантана.

Линейные размеры амфипод в растворах со смесью элементов были ниже по сравнению с контролем и раствором, содержащим сульфат меди. Следовательно, результаты экспериментов с этой серией эквимолярных растворов показывают усиление токсического действия меди менее токсичным элементом лантаном. Возможно, что некоторое увеличение линейных разме-

ров особей (по сравнению с контролем) в конце опыта связано со стимуляцией и активизацией жизненных функций, вызванных повышенным объемом среды обитания и количеством корма, приходящегося на 1 особь.

Таким образом, результаты хронического эксперимента свидетельствуют об усилении токсического действия ионов меди в присутствии ионов лантана на гибель и линейные размеры *H. azteca*, в сравнении с раствором без лантана.

Библиографический список

1. Krasavtseva E., Maksimova V., Makarov D. Conditions affecting the release of heavy and rare earth metals from the mine tailings Kola Subarctic // *Toxics*. 2021. Vol. 9. No. 7. Article number 163. doi: 10.3390/toxics9070163
2. Wang X. J., Li Y. M. Rare earth element content in fructus sophorae from different areas // *Asian Journal of Chemistry*. 2013. Vol. 25. No. 4. P. 1790–1792. doi: 10.14233/ajchem.2013.13021
3. Hanana H., Kleinert C., Gagné F. Toxicity of representative mixture of five rare earth elements in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles // *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 28. Iss. 25. P. 28263–28274. doi: 10.1007/s11356-020-12218-5
4. Do essential elements (P and Fe) have mitigation roles in the toxicity of individual and binary mixture of yttrium and cerium to *Triticum aestivum*? / B. Gong, E. He, A. Romero-Freire, J. Ruan, W. Yang, P. Zhan, H. Qiu // *Journal of Hazardous Materials*. 2021. Vol. 416. Article number 125761. doi: 10.1016/j.jhazmat.2021.125761
5. Сысолятина М. А., Олькова А. С. Потенцирование токсического действия меди в присутствии лантана в биотестах на *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) // *Поволжский экологический журнал*. 2022. № 4. С. 483–490. doi: 10.35885/1684-7318-2022-4-483-490

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ВЫДЕЛЕНИЯ НОВЫХ КАТЕГОРИЙ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ВЯТСКОМ КРАЕ

А. М. Прокашев^{1,2}, *А. С. Матушкин*¹, *С. А. Пупышева*¹, *И. Л. Бородатый*¹
¹ Вятский государственный университет,
² Вятский государственный агротехнологический университет,
amprokashev@gmail.com

Изложена идея выделения особой – природно-техногенной категории памятников природы среди некоторых заброшенных карьеров. Основанием для этого должно служить наличие значимого научно-познавательного, научно-исторического, эколого-просветительского, туристско-рекреационного, природоохранного, эстетического потенциала. В качестве примера рассматривается известный памятник природы – «Жуковлянские песчаниковые шаровидные конкреции» (Котельничский район) и некоторые другие старые карьеры Кировской области. В итоге ретроспективных полевых и лабораторных минералого-литологических и других методов показана сложная спонтанная и техногенно обусловленная история развития этого и подобных ему объектов. Предложено понятие природно-техногенной охраняемой территории.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, природно-техногенные памятники.

В перечень особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Кировской области включены следующие категории: заповедники; национальные парки (в стадии проектирования); государственные природные заказники; природные парки; памятники природы – с режимом бессрочной охраны элементов ландшафта. Общая площадь ООПТ составляет менее 3,5% территории области, что далеко от общепринятых оптимальных критериев – 10% – и требует расширения сети подобных территорий. Последнее может быть реализовано, в частности, за счёт включения в их число новых типов ценных объектов. В качестве таковых авторами обосновывается выделение в регионе дополнительной категории памятников природы – охраняемых природно-техногенных территорий. Их примером могут служить отработанные карьеры, представляющие значимую научную, научно-познавательную, эстетическую, туристско-рекреационную и природоохранную ценность. Последняя может не уступать естественным обнажениям при условии соответствия ряду критериев: а) доступность, б) проблематичность возраста и генезиса отложений, неоднозначность трактовки истории их формирования, в) наличие неизвестных ранее палеонтологических, археологических феноменов, находки уникальных минералов-эндемиков, г) эколого-просветительская или туристско-рекреационная значимость, д) живописность, е) научная изученность и т. п.

Целью и задачами исследования являлись обоснование выделения в составе ООПТ Кировской области новой – природно-техногенной категории геолого-геоморфологических памятников природы и перевода в этот статус рассматриваемого объекта. Объекты изучения – проблематичные поверхностные рыхлые и сцементированные гравийно-песчаные отложения карьера ур. Жуковляне и другие, подобные им горные выработки. Методами исследования служили полевые морфологические, литолого-геологические и лабораторные литолого-минералогические и почвенно-геохимические.

Исследуемая территория располагается на контакте Ветлужской и Средневятской аллювиально-зандровых низменных равнин. Она находится у истоков реки Ацвеж, восточнее бывших деревень Жуковляне и Саваловцы (рис. 1). В ходе добычи песчаных грунтов в карьере длиной около 1 км были обнаружены сотни гравийно-песчаниковых тел различной формы и размера [1–3]. Шаровидных глыб величиной больше 1 м выявлено более 40, в т. ч. несколько размером более 2 м. Значительная часть глыб была сдвинута на многие десятки метров, главным образом на периферию карьера. Лишь отдельные «болиды» остались «in situ» – в первичном залегании (рис. 2).

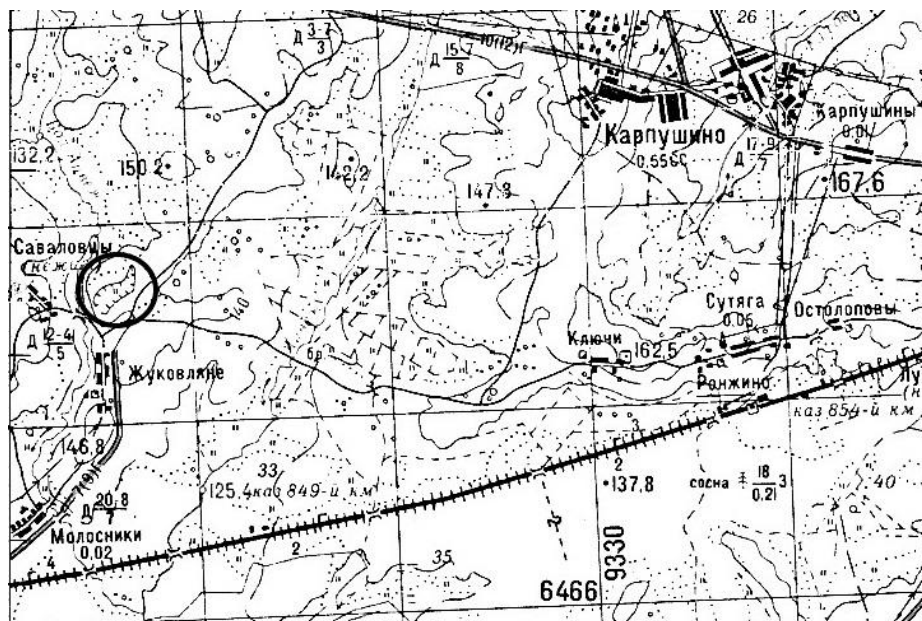


Рис. 1. Карта-схема окрестностей ур. Жуковляне: в кружке – карьер [сканированный фрагмент топокарты]

В местах скопления ныне они образуют живописные каменные развалы – «сады камней». В границах карьера туристами интуитивно выделено несколько видовых точек с наиболее аттрактивными ракурсами для фотосюжетов. Проблематичность генезиса жуковлянских конкреций стала побудительным мотивом для презентации настоящего объекта как природно-рукотворного явления. По существу, он послужил одним из прототипов для выдвижения идеи природно-техногенных объектов как особой категории ООПТ. Феномены такого рода не единичны, примером может служить высшая точка на востоке области – высота 337 м [4].



а



б

Рис. 2. Песчаниковые конкреции урочища Жуковляне:
а – перемещённые при карьерных работах; б – в естественном залегании

Поверхностный чехол в месте выработки представлен преимущественно песчано-глинистыми и карбонатными осадками татарского отдела пермской системы – быковской и/или путятинской свиты. Однако на карте четвер-

тичных отложений здесь показаны и сравнительно молодые водно-ледниковые песчаные осадки среднего плейстоцена возрастом менее 400 тыс. лет. Иными словами, правильное определение времени и истории формирования – ключевой момент в проблеме генезиса песчаниковых конкреций. Это или древнее – позднепалеозойское палеоречное наследие или продукт четвертичных ледниково-межледниковых эпох. В пользу первой концепции косвенно свидетельствуют особенности литологии и минералогического состава; в пользу второй – нахождение района в границах максимального днепровского оледенения [1, 5].

Исследования указывают на относительно однородный кремнёво-кварцевый состав песчано-галечного материала. Примечательная деталь – наличие золотистых чешуек мусковита, аморфных гидроксидов марганца сиреневой окраски и полупрозрачного кальцитового цемента в составе наносов. Они трактуются в качестве надёжных индикаторов пермских седиментов (табл. 1, 2, 3).

Таблица 1

Гранулометрический состав рыхлого и сцементированного гравийно-песчаного материала из карьера ур. Жуковляне

Фракция, мм	Наименование фракции	Масса пробы				Сумма фракций, %	
		г	%	г	%	галька + гравий	песок
		проба 1		проба 2		проба 1	проба 2
ГПМ*		407	100	457	100	36,8	32,9
25–10	галька мелкая	13	3,2	12	2,8		
10–5	гравий крупный	50	12,3	54	12,0		
5–2,5	гравий средний	32	7,8	33	7,7		
2,5–1	гравий мелкий	55	13,5	45	10,4		
1–0,5	песок крупный	11	2,4	18	3,9	62,8	63,0
0,5–0,25	песок средний	173	42,5	176,4	38,6		
0,25–0,1	песок мелкий	73	17,9	93,7	20,5		

Примечание: ГПМ* – гравийно-песчаные материалы.

Таблица 2

Гранулометрический состав почво-грунтов восточного борта ур. Жуковляне, в мм (%)

Горизонт: глубина, см	Гигр. влажн., %	>1	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
Шурф Ж17-02									
АУ: 3–23	1,0	1,6	47,8	27,0	11,5	3,9	9,2	0,6	13,7
ВЕ: 23–33	1,0	1,0	66,9	15,1	11,0	1,1	4,0	2,0	7,1
В1: 45–55	2,0	35,6	64,6	11,2	13,1	1,4	6,4	3,2	11,0
В2: 80–90	3,1	54,5	45,5	11,0	22,1	5,5	6,0	9,9	21,4
В2С: 120–130	2,9	10,6	32,6	16,9	31,8	2,0	7,1	9,6	18,7
Д: 140–150	3,3	30,5	27,3	8,1	35,3	7,2	8,0	14,0	29,2

Таблица 3

Минеральный состав гравийно-песчаных материалов ур. Жуковляне

Название и цвет минерала	% в пробе	Название и цвет минерала	% в изломе	Название и цвет минерала	% в пробе
Фракция гравия 5–10 мм		Фракция 1–2 мм после обработки песчаника в 10% HCl (на изломе)		Фракция 1–2 мм после растворения цемента песчаника в HCl	
Халцедон серо-зеленый, коричневый, в изломе голубоватый или желтоватый	52	Халцедон серо-зеленый, коричневатый, жёлтый	31	Халцедон, кремнь серый, жёлтый, светло-коричневый, полупрозрачный	64
Кварц белый, желтоватый, светло-серый	31	Кварц белый, желтоватый, полупрозрачный	16	Кварц, кварцит, кварцито-песчаник белый, желтоватый, сероватый	16
Полевой шпат белый, розоватый	2	Кальцит белый, желтоватый	50	Окремнелые горные породы серые, тёмно-красные	20
Слюда светло-жёлтая	0,5	Не определены	3		
Лимонит тёмно-бурый, жёлтый	0,2				
Не определены	14,3				

По комплексу признаков рассматриваемые отложения явно отличаются от водноледниковых задров: для последних не типичны слюды, кальцит и оксиды марганца. Цементированные породы по минеральному составу сходны с песками. Структура песчаников зернистая, пойкилокластическая, текстура – слоистая. Показательно низкое содержание полевых шпатов, характерное для продуктов выветривания пород уральского происхождения. Цемент кальцитовый крупнокристаллический с инъекционным прорастанием карбонатного заполнителя сквозь песчаную массу. Доля цемента весьма высока – около 50% и более.

Изложенные факты свидетельствуют об аридных условиях, свойственных концу палеозоя – началу мезозоя, когда происходила аккумуляция изначально рыхлых гравийно-песчаных осадков. В дальнейшем они подвергались частичной или тотальной литификации в деградирующих водных бассейнах за счёт кальцитового цемента. В последующие, более влажные геологические эпохи менее обизвесткованные толщи песчаников вернулись к рыхлому состоянию в результате декальцирования. Сильно пропитанные кальцитом, или лежащие на большей глубине толщи дошли до наших дней в цементированном состоянии (рис. 2б). На рисунке чётко видно близкое к горизонтальному положение каменных сфероидов. Они свидетельствуют о наличии в толще пермских речных и прибрежных озёрно-лагунных песчаных наносов множественных очагов концентрации карбонатного цемента. Таким образом, в

условиях сухого климата пермо-триаса могло произойти образование массивных плитовидных и конкреционных тел из речных песчаных руслово-дельтовых наносов уральского происхождения.

Исследованный объект – пример сотворчества природы и человека, который следует отнести к самостоятельной категории особо охраняемых природно – техногенных территорий. Под ними авторами понимаются природные объекты с признаками искусственного преобразования в процессе хозяйственной деятельности, обеспечивающие наиболее полное раскрытие научной, научно-познавательной, просветительской, эстетической, туристско-рекреационной и природоохранной ценности по сравнению с естественным состоянием. До начала горных работ песчаниковые тела представляли «вещь в себе». Они были скрыты от человеческого взора и мало информативны с научной и иных точек зрения. Подобные творения заслуживают сбережения в качестве местных достопримечательностей, наряду с другими категориями традиционно охраняемых природных объектов. Целесообразно расширение границ охраняемой территории и перевод её в статус природно-техногенного памятника.

Библиографический список

1. Особо охраняемые природно-техногенные территории Кировской области / И. А. Вартан., А. М. Прокашев, А. А. Скворцов, Л. И. Скворцова // Вестник Удмуртского ГУ. 2019. Т. 29, вып. 3. С. 362–373.

2. К вопросу об особо охраняемых природных территориях Кировской области / А. М. Прокашев, Е. С. Соболева, А. С. Матушкин, С. А. Пупышева // Экология родного края: проблемы и пути их решения : сб. материалов XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2019. С. 41–46.

3. Соловьев А. Н. Шаровые конкреции в урочище «Жуковляне» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров : ВятГУ, 2018. С. 317–322.

4. Высота 337 м – геологический памятник природы Кировской области / А. М. Прокашев, М. М. Пахомов, И. Л. Бородатый, О. М. Пахомова // Геологическое строение и перспективы развития минерально-сырьевой базы Кировской области : тезисы докладов. Киров, 1998. С. 46–47.

5. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Серия Средневожжская. Листы О-38-ХVIII (Свеча), О-39 ХIII (Котельнич). Объяснительная записка. СПб. : Изд-во СПб картфабрики «ВСЕГЕИ», 2001. 116 с.

ПРИНЦИПАЛЬНОЕ РАСШИРЕНИЕ ПОЛНОМОЧИЙ ЭКОЛОГО-БОТАНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ДОНБАССЕ

А. И. Сафонов

Донецкий национальный университет, a.safonov@donnu.ru

Существующий классический подход к экологическому мониторингу в ботаническом аспекте для антропогенно трансформированных сред нуждается в расширении своих функций и роли путём добавления к инструментально-аналитическому подходу и государственному контролю с элементами общественного обсуждения также других сфер занятости человечества: историко-ретроспективного анализа, библиографического учета и установления стратегических приоритетов в динамике дальнейшей коэволюции систем.

Ключевые слова: экологический мониторинг, Донбасс, оценка состояния среды, промышленный регион, фитоиндикация.

Экологический мониторинг и основанные на его принципах элементы биоиндикации [1–3] представляют собой гармоничный свод требований в реализации функций наблюдения, оценки, контроля и прогноза состояния функциональных параметров экосистем. В аспекте использования растений в качестве ресурса для реализации мониторинговых программ (на примере промышленно трансформированных регионов) важно ориентироваться на возможность проведения мероприятий по диагностике даже в периоды затяжных социальных конфликтов и фрагментарной перестройке (включая стагнацию) работы промышленных предприятий [4–7].

Цель работы – на основании многолетних (1996–2023 гг.) эмпирических данных проведения фитоиндикационного анализа (по структурной гетерогенности растений-индикаторов в условиях техногенного импакта в Донбассе) выделить важные полномочия эколого-ботанического мониторинга, расширяющего современную программу вовлечения отдельных отраслей занятости человечества к природоохранным проблемам в регионе.

Практические достижения разных оценочных подходов к установлению характеристик природных сред за последнее десятилетие представлены в центральной официальной сводке [4] и дополняется некоторыми более детальными результатами по фитомониторингу в Донбассе [5, 6]. Проводимый непрерывный библиографический учет (с 1999 г. по настоящее время) и анализ тенденций рубрикации указывает на возрастающую необходимость в создании технологических условий для подготовки специализированных кадров в области экологии, расширению спектра профессий, связанных с экологической деятельностью в региональном аспекте [7]. Фрагментарно результаты современного фитоиндикационного мониторинга представлены в публикациях [5, 6, 8–10] и указывают на информативную функцию в процедурах ис-

пользования растений для оценки качества природных сред, ландшафтов, технозёмов, урбогеосистем, локальных биотопов в зонах повышенного риска.

Идеология внедряемой в практику фитоиндикации заключается в установлении функциональной разницы между состоянием растительных организмов в ранжированных рядах антропогенной составляющей. Для этого обработке подлежат информативные индексы в соответствии с составленными экологическим шкалами по диапазонам выносливости видов растений и размаху их структурной фенотипической пластичности. На основании шкал и индексов проведены парные и комплексные корреляционные анализы, установлены уровни достоверности, значимости, создан картографический материал, который по своему технологическому применению также является источником первичной информации при, например, установлении геохимических провинций, ореолов загрязнения, миграции многовидового населения. На основании полученных плоскостных моделей и установившихся сукцессионных процессов в биогеохимических индексах благополучия подготовлены материалы для управленческого рассмотрения вопросов локализации зон экологического бедствия, риска, повышенной опасности, разработана сеть экологических коридоров, соединяющих биогеоценотические ядра эталонных экосистем региона.

Традиционной формой внедрения фитоиндикационного мониторинга (эколого-ботанической квантификации) в Донбассе является экспертная. В полевых или лабораторных условиях апробированы подходы по принципу «контроль – опыт», «индикатор – индикат». На основании статистической достоверности делается заключение о наличии воздействия на окружающую среду (специфические формы, но преимущественно интегральная оценка).

Важность соблюдения принципов сбора и обработки информации также существенным образом становится необъемлемым атрибутом реализации общественного экологического мониторинга. Однако в эту группу подходов обязательным является добавление образовательной функции и программы научения для проведения опытов и экспериментов [1], что также является приоритетной задачей в социально-экономическом развитии регионов. При экстраполяции данных «мониторинг успеваемости», «мониторинг качества знаний» система испытывает дополнительную функцию оценки внутри самой себя, поэтому становится недостаточным наличие оборудования, важно также, чтобы и сам контролёр соответствовал системе качества.

Этнографическая традиция центрального Донбасса начала закладываться только 160 лет назад, в целом – это исторически молодой регион, но знание быта, условий труда, проявления эндемичных заболеваний, региональных хронических эффектов состояния здоровья населения и формирование в этих условиях флоры и фауны, растительности и животного мира также является существенной информацией и в анализе современного статуса региона. Благодаря архивным данным историко-этнографической летописи происходит идентификация геохимического контраста, создается условие для установления показателей регионального фона в аспекте антропотолерантности. В то

же время богат палеонтологический потенциал Донбасса [4], по анализу окаменелостей можно проводить не только таксономическую инвентаризацию, но и констатировать палеографические сведения о климате, об уровне радиационного фона, естественного геохимического контраста и узколокальные характеристики биотических элементов (коаций). По ботанико-токсикологическому анализу отвалов горных пород на современном этапе проведена дифференциация фитопригодности технозёмов к возможным этапам рекультивационных работ.

В качестве открытого вопроса для обсуждения остается также лингвистическая роль, поскольку спектр методических подходов в оценке экологических ситуаций также сопряжен с богатством синонимического ряда местного населения, что отражается не только в терминологическом аппарате, но и в креативных способах проведения квантификации.

Таким образом, в систему ботанико-экологической информации нужно рекомендовать к использованию историко-ретроспективные данные (дальнего палеонтологического и ближнего этнографического содержания), сводки библиографических изданий и статистической информации в сопряженных процессах к народнохозяйственной деятельности, использовать и лингвистические особенности формирования и тенденций в региолекте, в связи с локальными процессами трансформации климата и адаптационных механизмов выживания видов – строить экспертные прогнозы состояния биологических объектов, включая перспективные инновационные формы занятости человека.

Библиографический список

1. Экологический мониторинг : учебно-методическое пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / под ред. Т. Я. Ашихминой. М. : Академический Проект, 2006. 416 с.
2. Ермаков В. В., Тютиков С. Ф., Сафонов В. А. Биогеохимическая индикация микроэлементов. М., 2018. 386 с.
3. Опекунова М. Г. Биоиндикация загрязнений : учебное пособие. СПб. : Санкт-Петербургский университет, 2016. 300 с.
4. Государственный комитет по экологической политике и природным ресурсам при Главе донецкой Народной Республики [Электронный ресурс]. – URL: <https://gkesoroldnr.ru/> (дата обращения: 23.03.2023).
5. Сафонов А. И., Глухов А. З. Фитомониторинг в техногенно трансформированной среде: методология и практика // Экосистемы. 2021. № 28. С. 16–28.
6. Safonov A. Ecological scales of indicator plants in an industrial region // BIO Web Conf. 2022. Vol. 43. 03002. doi: 10.1051/bioconf/20224303002
7. Авраимова Т. В., Сафонов А. И. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований // Научные и технические библиотеки. 2023. № 3. С. 30–42.
8. Алемасова А. С., Сафонов А. И. Тяжелые металлы в фитосубстратах – индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе // Лесной вестник. For-estry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. 5–13.
9. Биомониторинговая программа по оценке воздуха в Донбассе с помощью нейтронно-активационного анализа / И. И. Зиньковская, К. Н. Вергель, А. В. Кравцова, А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк : ДонНУ, 2022. С. 69–71.

10. Сафонов А. И. Фитомониторинг в решении экологических проблем степной зоны Восточной Европы // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. Книга 1. Киров : ВятГУ, 2022. С. 62–65.

ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА В ПОЙМЕ р. СОЖ

Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,
dajneko@gsu.by, sertimo@mail.ru*

В статье представлено многолетнее изучение растительных сообществ поймы р. Сож вблизи н. п. Шерстин Ветковского района. Выделенные ассоциации крупнозлакового типа травостоя характеризовали динамику растительных сообществ в зависимости от гидрологического режима в пойме р. Сож.

Ключевые слова: растительные сообщества, динамика, онтогенетическая структура, урожайность.

Изучение многолетней динамики растительных сообществ дает представление об основных направлениях сукцессионных процессов в пойме в условиях ее ксерофитизации на фоне антропогенного преобразования. За счет снижения уровня и уменьшения продолжительности половодья изменяется водный режим пойменных местообитаний, происходит осушение пойменных озер, межгривных понижений и низинных болот. В результате этого процесса существенно меняется облик, флористический состав и структура растительных сообществ пойменных лугов [1, 2].

В 2022 г. нами было продолжено многолетнее изучение растительных сообществ поймы р. Сож, вблизи н.п. Шерстин Ветковского района Гомельской области. Были выделены следующие луговые ассоциации:

1. *Phalaridetum arundinaceae*
2. *Phalaridetum arundinaceae*, вариант *Alopecurus pratensis*
3. *Phalaridetum arundinaceae*, вариант *Calamagrostis canescens*
4. *Phalaridetum arundinaceae*, вариант *Symphytum officinale*

Эти сообщества образовались при падении уровня грунтовых вод местоположений двукисточниковых сообществ, существовавших в условиях наиболее обильного обводнения, но достаточно бедного субстрата.

Диагностический вид: *Phalaroides arundinaceae* – двукисточник тростниковый. Сообщества этих лугов размещаются преимущественно в прирусловой и центральной частях поймы, где занимают неширокие продолговатые понижения, которые периодически во время весеннего паводка покрываются слоем плодородного наилка. Обычно местоположения затапливаются на длительный период с последующим медленным отступлением паводковых вод.

В почвенном покрове преобладают лугово-болотные почвы, реже встречаются дерновые глеевые почвы. Общее проективное покрытие 80–100%. Высота основной массы травостоя – 90–140 см. В нём с проективным покрытием 40–70% доминирует двукисточник тростниковый. Также в сложении травостоя принимают участие мятлик болотный (5–7%), манник большой (2–5%), полевика ползучая (2–3%). Встречаются лапчатка гусиная, лютик ползучий, манник наплывающий.

В этих сообществах *Phalaroides arundinaceae* остаётся абсолютным доминантом, однако высококонстантны гелофильные и гигрофильные виды порядка *Molinietalia*, которые и являются дифференцирующими. В отдельных сообществах обильны *Cirsium arvense*, *Lysimachia vulgaris*, *Stachys palustris* стремительно захватывающие местообитания при подсыхании субстрата. Весьма характерно и локальное доминирование гелофита *Symphytum officinale*. Этот корневищный многолетник в последующем может длительно сохраняться в сообществах при колебаниях режима обводнения. Сообщества варианта занимают глубокие межгрядные низины, высохшие мелководные старицы и участки с влажными и сырыми иловатыми суглинистыми, торфянисто-иловатыми богатыми гумусом почвами. Данный вариант представляет собой одну из сукцессионных стадий на пути формирования сырого луга союза *Deshampson cespitosae* на основе двукисточниковых сообществ на участках с ранее обильным увлажнением и достаточно богатыми почвами [3].

Анализ луговых экосистем показал, что в настоящее время в сообществах асс. *Phalaridetum arundinaceae* существенно возросло количественное участие сорно-рудеральных видов. На участках некосимой поймы широко распространяется многолетний рудеральный вид *Cirsium arvense*. Также возросла константность и обилие *Stachys palustris*, который обилен в местоположениях с резкими колебаниями обводнённости субстрата. Фитоценозы с высоким обилием этих видов представляют «бурьянную» стадию на пути восстановления влажных разнотравных лугов. В отсутствии постоянного сенокосения они надолго захватывают местообитания.

В составе ценофлоры двукисточниковых лугов появились некоторые инвазийные виды: *Bidens frondosa*, *Echinocystis lobata*, которые отличаются наибольшей постоянностью [4].

Таким образом, выделенные ассоциации крупнозлакового типа травостоя характеризовали динамику растительных сообществ в зависимости от гидрологического режима в пойме р.Сож.

Проведенный анализ онтогенетической структуры видов-доминантов ассоциаций луговых экосистем показал, что в трёх луговых ассоциациях в своём онтогенетическом составе имелось четыре онтогенетических группы, где наибольшее участие принимали средневозрастные генеративные растения (42,6–46,2%). Участие остальных онтогенетических групп было ниже, так, виргинильных особей было 14,0–16,8%, молодых генеративных растений – (25,0–28,4%), старых генеративных – (8,4–14,6%) (табл. 1).

Таблица 1

**Онтогенетическая структура видов-доминантов ассоциаций
луговых экосистем в 2022 г. в пойме р. Сож, н. п. Шерстин,
Ветковский район**

Онтогенетическая структура	<i>Phalaroides arundinaceae</i> (<i>Phalaroides arundinaceae</i>)	<i>Phalaroides arundinaceae</i> вариант <i>Calamagrostis canescens</i>	Растительные сообщества <i>Calamagrostis canescens</i>
Проростки (P)	–	–	–
Ювенильные (J)	–	–	–
Имматурные (Im)	–	–	–
Виргинильные (V)	4,3±0,12	3,2±0,03	5,2±0,31
Молодые генеративные (g ¹)	7,1±0,24	5,6±0,22	8,8±0,53
Средневозрастные генеративные (g ²)	11,4±0,38	9,8±0,58	14,3±0,85
Старые генеративные (g ³)	3,9±0,11	3,8±0,15	2,6±0,08
Субсенильные SS	–	–	–
Сенильные S	–	–	–
Всего:	26,7	22,4	30,9

В таблице 2 приводится урожайность луговых ассоциаций (ц/га воздушно-сухой массы поймы р. Сож, н.п. Шерстин Ветковского района.

Таблица 2

**Урожайность луговых ассоциаций (ц/га воздушно-сухой массы)
поймы р. Сож, н. п. Шерстин Ветковского района**

Название ассоциации	2021 г.	2022 г.
1. <i>Phalaroides arundinaceae</i>	32,2±2,6	34,3±3,5
2. <i>Phalaroides arundinaceae</i> , вариант <i>Calamagrostis canescens</i>	30,4±2,1	32,6±2,7
3. <i>Calamagrostis canescens</i>	28,8±1,9	30,2±2,2

Анализ участия луговых ассоциаций показал, что в течение двух лет более высокая урожайность наблюдалась в ассоциации *Phalaroides arundinaceae*, несколько меньшая урожайность отмечена у ассоциации *Calamagrostis canescens*. Более высокая урожайность в 2022 г. обусловлена более благоприятными условиями формирования первого укоса.

Участие агроботанических групп в составе ассоциаций луговых экосистем поймы р.Сож, н.п. Шерстин Ветковского района представлено в таблице 3.

Анализ участия агроботанических групп в составе изучаемых луговых ассоциаций показал, что наибольшее участие в структуре агроботанических групп принимают злаки – 81,8–88,6%. Участие разнотравья колебалось в пределах 8,8–14,3%, а минимальное участие отмечено у осок – 2,6–3,9%. В изучаемых ассоциациях отсутствовала агроботаническая группа бобовых.

**Участие агроботанических групп в составе ассоциаций луговых
Экосистем поймы р.Сож, н.п. Шерстин Ветковского района, %**

Название ассоциации	Годы	Агроботанические группы			
		злаки	осоки	бобовые	разнотравье
1. <i>Phalaridetum arundinaceae</i>	2021	83,8	3,4	–	12,8
	2022	81,8	3,9	–	14,3
2. <i>Phalaridetum arundinaceae</i> , вариант <i>Calamagrostis canescens</i>	2021	86,2	3,2	–	10,6
	2022	84,6	3,5	–	11,9
3. <i>Calamagrostis canescens</i>	2021	88,6	2,6	–	8,8
	2022	87,1	2,8	–	10,1

Разница агроботанических групп между луговыми ассоциациями по годам исследований была незначительной.

Таким образом, среди выделенных луговых ассоциаций в онтогенетической структуре, урожайности, агроботаническом составе не отмечалось значительной разницы.

Библиографический список

1. Булохов А. Д., Афонин О. В. Динамика сообществ класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941 под влиянием ксерофитизации поймы реки Десны (Брянская область) // Бюл. Брянского отделения Русского ботанического общества. 2018. № 4 (16). С. 9–18.

2. Фитоценотическое разнообразие и динамика сообществ ассоциации *Caricetum gracilis* Savich 1926 в условиях ксерофитизации поймы реки Десны / А. Д. Булохов, Н. Н. Панасенко, Ю. А. Семенищенков, А. В. Харин // Растительность России. 2019. № 37. С. 3–28.

3. Разнообразие и динамика травяной растительности поймы реки Десны / А. Д. Булохов, Ю. А. Семенищенков, Н. Н. Панасенко, А. В. Харин, Л. М. Ахромеев. Брянск : РИ-СО БГУ, 2021. 240 с.

4. Дайнеко Н. М., Слюнькова С. А. Сезонный ритм развития эхиноцистиса лопастного (*Echinocystis lobata*) в пойме реки Днепр Рогачевского района // Культурная и дикорастущая флора Белорусского Полесья : сб. материалов IV межвуз. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов и аспирантов. Брест : БрГУ, 2018. С. 95–97.

ЗЕЛЕНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ГОРОДА ВОРОНЕЖ

К. А. Плотникова

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
kristiiu@mail.ru*

В статье представлены оценка состояния и анализ функций зеленых насаждений города Воронеж как важного фактора обеспечения благоприятной экологической обстановки в урбосистемах. Качество состояния дендрофлоры рассмотрено на примере хвойных насаждений зон общего пользования. Проведена интегральная оценка качества озелененных территорий по районам городского округа.

Ключевые слова: городская зеленая инфраструктура, экосистемные услуги, устойчивость экосистем, экологический мониторинг.

Рост городских агломераций и увеличение численности населения несет в себе различные экономические, информационные и другие преимущества однако, с точки зрения состояния окружающей среды, такая тенденция приводит к негативным последствиям: загрязнению атмосферного воздуха, подземных вод, почвенного покрова и т. д. Увеличение антропогенной нагрузки на природные компоненты приводит к ухудшению качества окружающей среды и ставит под угрозу здоровье человека [1]. В описанных условиях возрастает роль городского озеленения в устойчивом функционировании городских экосистем. Зеленая инфраструктура играет важную роль в борьбе с негативными последствиями урбанизации.

Благодаря своим физиологическим характеристикам растения обладают способностью накапливать, фильтровать или преобразовывать многие загрязняющие вещества. Зеленая инфраструктура участвует в процессах связывания углерода, снижения запыленности атмосферного воздуха, контроля водного баланса, формирования микроклимата и т.д. Городские зеленые насаждения способствуют рекуперации CO₂, поддерживая углеродный цикл, уменьшают эффект городских островков тепла за счет удаления углерода и абсорбирования различных загрязняющих веществ, которые накапливаются на поверхностях зданий в городе. Все эти функции, выполняемые растениями, обеспечивают улучшение качества воздуха и регулируют микроклимат. Зеленые насаждения участвуют в циркуляции подземных и поверхностных вод, поглощают шум, запах, проявляя барьерные свойства. Растения выступают в качестве кормовой базы и мест укрытия/проживания элементам живой природы. Благодаря этим особенностям, они обеспечивают защиту видов, а также увеличение и непрерывность наращивания биоразнообразия. Городские зеленые насаждения, в том числе, являются частью мест рекреации, где жителей города могут, например, заниматься спортом, таким образом поддерживают психологическое и физическое здоровье людей.

Элементы озеленения – это природный ресурс, который поддерживает условия жизни общества и улучшает качество жизни городских жителей, и одновременно – экономический ресурс, который повышает привлекательность территории и, при правильном подходе, приносит доход в муниципальный бюджет. Термин «экосистемные услуги» относится к социально-экономической роли экосистем, которая заключается в принесении пользы людям. Существующая сегодня недооценка экосистемных услуг объясняется сложностью ценностного выражения их различных функций и взаимосвязей. Естественно, невозможно полностью определить экономическую ценность природы, поскольку стоимость товаров, незаменимых для жизни, стремится к бесконечности. В то же время стоимостной показатель этих благ в рыночной экономике является определяющим условием финансовой поддержки сохранения и самовоспроизводства природных экосистем.

Независимо от того, имеет ли каждая отдельная экосистемная услуга цену, она обязательно имеет ценность – способность удовлетворять потребности общества [2]. Было выявлено, что городская зеленая инфраструктура характеризуется преобладанием регулирующих и культурных экосистемных функций.

Объектом нашего исследования является один из крупнейших российских городов с населением более миллиона человек, а также с достаточно высокими темпами прироста населения. Воронеж – административный центр субъекта федерации России (Воронежской области), основная движущая сила регионального экономического развития. Территория района отличается высокой степенью заселенности и освоенности, благоприятным экономико-географическим положением, развитой инженерно-технической и инженерно-транспортной инфраструктурой. Район имеет благоприятный природный потенциал и сформированную сеть особо охраняемых природных территорий для реализации концепции устойчивого развития.

Но несмотря на все вышесказанное объект исследования все еще сталкивается с множеством экологических проблем и нуждается в ряде проведения мер по благоустройству городской зеленой инфраструктуры. В общем комплексе экологических проблем крупного города особое значение имеют вопросы благоустройства, а именно озеленения городской территории, так как зеленые насаждения являются, с одной стороны, частью планировочной структуры города, а с другой – выполняют ряд важных функций в урбосреде, что значительно повышает их экономическую ценность.

На основании совокупности данных экомониторинга было проанализировано качество состояния дендрофлоры зон общего пользования г. Воронежа. В результате диагностики хвойных насаждений установлено, что 46% составляют ослабленные деревья, 50% – сильно поврежденные и 4% – усыхающие и мертвые посадки. Процент деревьев в категории «без признаков ослабления» стремительно снижается с увеличением возраста экземпляра. Корреляция между состоянием зеленых насаждений и категорией насаждения отсутствует. Исключением являются насаждения, расположенные в местах высокой интенсивности движения: на данных участках пагубное влияние агрессивных факторов загрязнения проявляется сильнее всего [3].

В ходе исследования была проведена интегративная оценка качества озелененной территории по районам городского округа город Воронеж (табл.), базирующаяся на показателях территориальной обеспеченности зелеными насаждениями, достаточности озелененных пространств с учетом демографической нагрузки на конкретную территорию и динамики наращивания общей площади зеленых насаждений общего пользования за последние 10 лет (2012–2022 гг.).

Интегративная оценка районов г. Воронеж (баллы)

Район города	Критерии оценки			Рейтинг района
	Степень озелененности территории, %	Обеспеченность озелененной территорией общего пользования 1 жителя, м ²	Динамика прироста площади ЗНОП за последние 10 лет (2012–2022 гг.)	
Железнодорожный	1	3	3	7
Коминтерновский	4	2	4	10
Левобережный	1	2	1	4
Ленинский	2	1	1	4
Советский	2	4	4	10
Центральный	3	5	1	9

Анализ озелененных городских территорий показывает, что в настоящее время показатель количество зеленых насаждений, представленных на душу населения, в целом находится в пределах нормы. Общая обеспеченность внутригородскими благоустроенными озелененными территориями ограничена и отличается неравномерностью, особенно в периферийных районах.

Городские зеленые насаждения, являясь индикаторами качества экосистем, играют ключевую роль в устойчивом городском развитии благодаря предоставляемым ими экосистемным услугам. Таким образом, зеленая инфраструктура играет решающую роль в обеспечении благоприятной экологической ситуации в регионе.

Библиографический список

1. Мощеникова Н. Б. Оценка экологического состояния зелёных насаждений Санкт-Петербурга : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2011. 19 с.
2. Edible Green Infrastructure: An Approach and Review of Provisioning Ecosystem Services and Disservices in Urban Environments / A. Russo, F. J. Escobedo, G. T. Cirella, S. Zerbe // *Agricultural Ecosystem Environment*. 2017. Vol. 242. P. 53–66.
3. Кулагин Ю. З. Дымоустойчивость древесных растений и проблема озеленения и лесовосстановления в промышленных районах Предуралья и Южного Урала : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ленинград, 1964. С. 31–97.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ *SISYMBRIUM LOESELII* L. В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Г. Г. Бускунова, С. А. Шарабасова
Сибайский институт (филиал)

«Уфимский университет науки и технологий», *gulsina_busk@mail.ru*

В материалах представлены результаты исследований содержания тяжелых металлов в растениях *Sisymbrium loeselii* L. в условиях г. Сибай Республики Башкортостан. Образцы почв и растений были отобраны общепринятыми методами. Результаты представлены в мг/кг воздушно-сухой массы.

Ключевые слова: максимально-допустимый уровень, тяжелые металлы, сорное растение, индекс аккумуляции.

В городе растения испытывают воздействие целого ряда климатических, эдафических, орографических техногенных факторов. Фитоценозы испытывают высокую антропогенную нагрузку, подвергаются химическому, физическому, биологическому и комплексному загрязнению. В спектре загрязняющих веществ городской среды тяжелые металлы (ТМ) занимают значительное место, поскольку, не подвергаясь существенной физико-химической и биологической деградации, они накапливаются в поверхностном слое почв, в течение длительного времени остаются доступными для поглощения подземными и надземными частями растений. Растения способны наиболее объективно отражать степень загрязнения городской среды. В связи с этим изучение содержания тяжелых металлов в надземных и подземных частях, широко распространенного на территории г. Сибай Республики Башкортостан *Sisymbrium loeselii* L. является актуальным [1].

Цель настоящей работы – проанализировать содержание тяжелых металлов в растениях *Sisymbrium loeselii* L.

Sisymbrium loeselii L. (Гулявник Лёзеля) – сорное растение, относится к семейству Капустные (Brassicaceae). Растёт по каменистым склонам, степям и как сорняк на полях, в огородах и садах, вдоль дорог и тротуаров [2].

Сбор растений проводили в июне 2021 года на территории г. Сибай Республики Башкортостан. Отбор почв для исследования проводили согласно ГОСТ Р 58595-2019 [3]. Почвы отбирали лопатой в 3-х повторностях. Глубина отбора почвы составляла 10 см. Корни отмывались в проточной воде, с целью удаления почвенных частиц. Отобранные растения высушивались до воздушно-сухого состояния и были разделены на корни, листья, стебли и цветки. Сухие части растений были измельчены в ступке, упакованы в конверты. Растительные образцы проанализированы на содержание тяжелых металлов (Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Cd, Co, Pb) в центральной лаборатории СФ АО «УГОК» г. Сибай Республики Башкортостан.

В ходе исследований использовали следующие биогеохимические показатели: коэффициент концентрации (K_c), суммарный показатель (Z_c), индекс аккумуляции (I_A), биогеохимическая активность (БХА), акропетальный коэффициент (АК).

Загрязненность почвенного покрова подвижными формами ТМ оценивали по кратности превышения предельно-допустимые концентрации (ПДК): Cu – 3 мг/кг, Zn – 23 мг/кг, Ni – 4 мг/кг, Mn – 140 мг/кг, Co – 5 мг/кг, Pb – 6 мг/кг [4] и фона Cd – 0,3 мг/кг, Fe – 3800 мг/кг [5]

Коэффициент концентрации тяжелых металлов (K_c), определяли по формуле: $K_c = C/C_f$, где C – фактическая концентрация тяжелых металлов в почве, мг/кг; C_f – фоновая концентрация тяжелых металлов в почве, мг/кг.

Суммарный показатель (Z_c) вычисляли по формуле: $Z_c = \sum K_c - (n-1)$, где K_c – коэффициент концентрации тяжелых металлов; n – число оцениваемых ингредиентов [6]. Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю представлены в таблице 1 [6, 7].

Таблица 1

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю

Степень опасности	Показатели Z_c	Категория загрязнения почв	Уровень загрязнения	Оценка экологической обстановки
I	Менее 8	Допустимая	Минимальный	Относительно удовлетворительная
II	8–16		Слабый	Относительно удовлетворительная
III	16–32	Умеренно опасная	Средний	Напряженная
IV	32–128	Высоко опасная	Высокий	Критическая
V	Более 128	Чрезвычайно опасная	Максимальный	Катастрофическая

При оценке уровня загрязненности ТМ растений использовали утвержденные временные максимально-допустимые уровни [8]. Максимально-допустимый уровень (МДУ) Cu в растениях составляет 30 мг/кг, Zn – 50 мг/кг, Fe – 100 мг/кг, Ni – 1 мг/кг, Mn – 100 мг/кг, Cd – 0,3 мг/кг, Co – 1 мг/кг, Pb – 5 мг/кг.

Индекс аккумуляции (I_A), представляет с собой отношение концентрации ТМ воздушно-сухой массе растений к концентрации подвижных форм элементов в почве. Ряд биологического поглощения показывает, что если величина $I_A < 0,1$ то металл относится к элементам слабого и очень слабого захвата, если $1 > I_A > 0,1$ – к элементам среднего захвата, если $10 > I_A > 1$ – к элементам сильного накопления, $I_A > 10$ – к элементам энергичного накопления [9].

Акропетальный коэффициент представляет собой отношение содержания тяжелых металлов в корневой системе к содержанию его в надземной фитомассе. Если АК > 1 – то распределение металлов в растениях осуществляет-

ся по акропетальному типу, если $AK < 1$ – то распределение идет по базипетальному типу.

Биогеохимическая активность (БХА), представляет собой суммарную величину, получающуюся при сложении I_A отдельных элементов, и вычисляется по формуле $BXA = \sum I_A$ [10];

Исследования показали, что по степени загрязнения (Z_c) изученные почвы относились к категории допустимой ($Z_c = 3,028$), а экологическая обстановка – относительно удовлетворительная.

В связи с тем, что, в геохимическую ассоциацию включаются элементы со значениями коэффициентов концентрации не менее 1,5 [11] формула геохимической ассоциации выглядит следующем образом $Zn_{3,65} - Pb_{2,67} - Ni_{1,5}$

Содержание Cu, Mn в надземных органах *Sisymbrium loeselii* L. не превышали МДУ. Концентрации Zn (2,78–5,44 раза), Fe (8,09–37,67 раза), Ni (55–157 раза), Co (3–9,9 раза) превышали МДУ во всех органах изучаемого вида. Отмечено превышения Cd и Pb в цветках (2,1 и 1,3 раза) и стеблях (1,6 и 1,2 раза) растения (рис. 1).

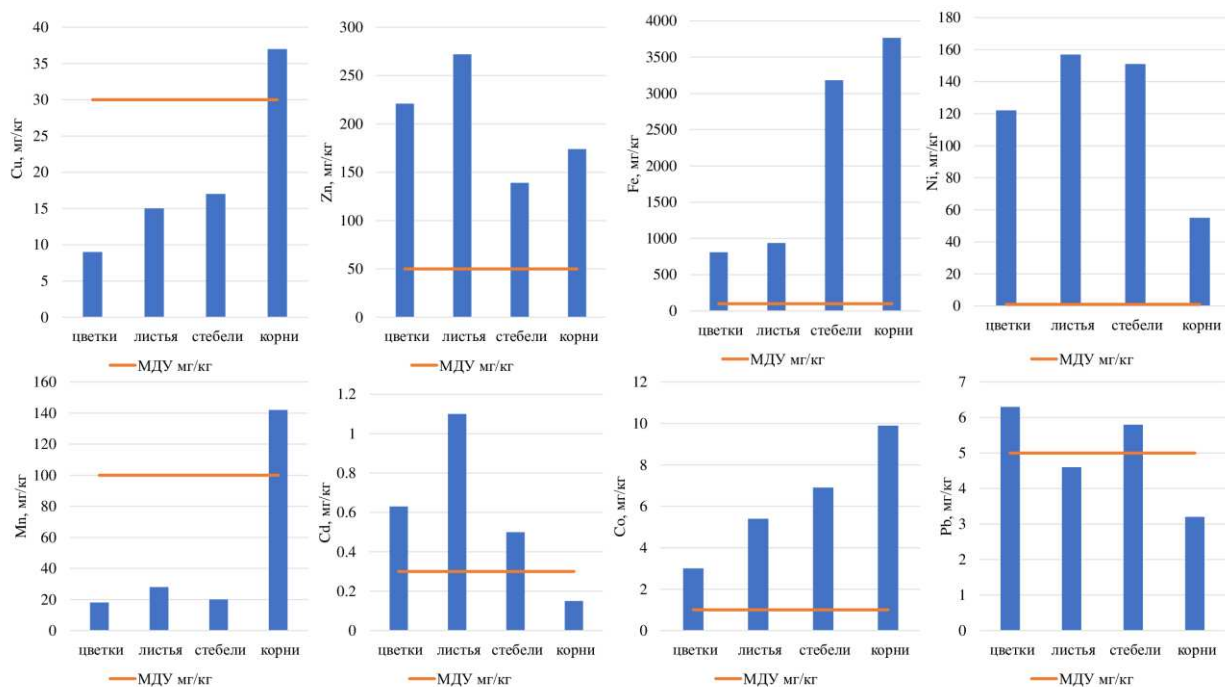


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в *Sisymbrium loeselii* L.

Наиболее поглощаемыми элементами в растениях *Sisymbrium loeselii* L. оказались, Ni (30,3), которые отнеслись к элементам энергичного накопления ($I_A > 10$), Cu (6,5), Zn (8,76), Cd (1,9), Co (1,26) – к группе элементов сильного накопления (I_A 1–10), Pb (0,8), Fe (0,57), Mn (0,37), – к элементам среднего захвата (I_A 0,1–1) (табл. 2).

**Ряд интенсивности поглощения тяжелых металлов (по I_A)
в *Sisymbrium loeselii* L.**

Интенсивность поглощения	100	10	1	0,1	0,01
Энергичного накопления	Ni				
Сильного накопления		Cu, Zn, Cd, Co			
Среднего захвата			Pb, Mn, Fe		
Слабого и очень слабого захвата					

В растениях *Sisymbrium loeselii* L. Mn распределена по акропетальному типу (АК > 1,0), Cu, Zn, Fe, Ni, Cd, Co, Pb по базипетальному типу (АК < 1,0) (рис. 2).

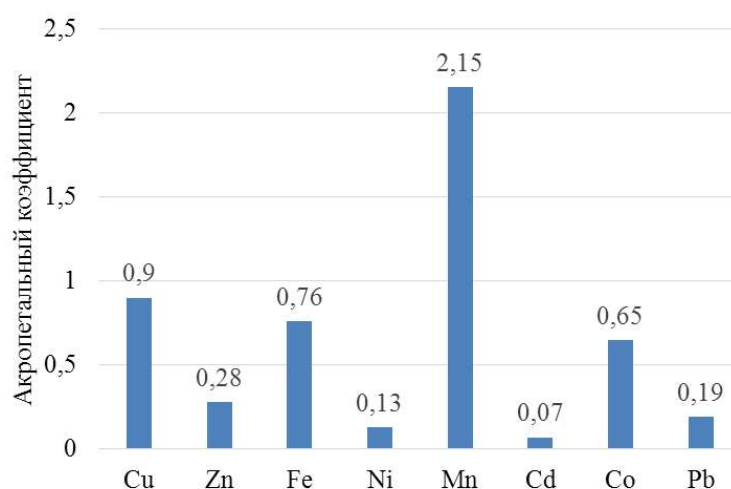


Рис. 2. Акропетальный коэффициент в растениях *Sisymbrium loeselii* L.

Суммарная величина индекса аккумуляции, выраженная через показатель БХА в растении *Sisymbrium loeselii* L. изменяется от 38,47 до 60,57 (рис. 3).

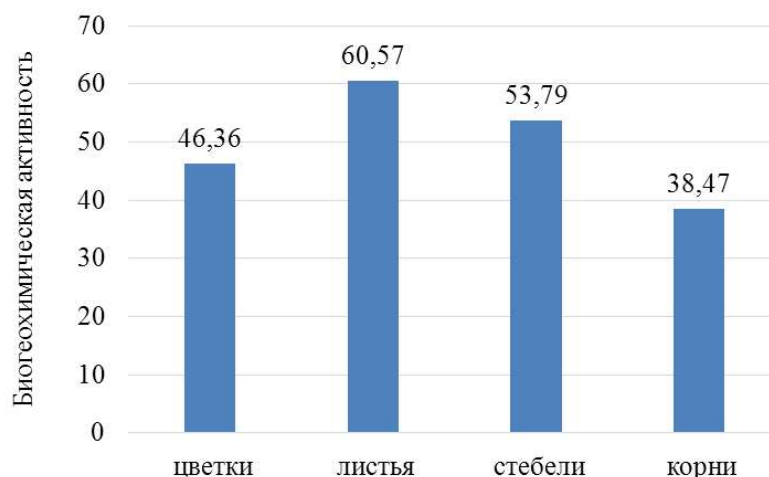


Рис. 3. Биогеохимическая активность в растениях *Sisymbrium loeselii* L.

Наибольший показатель биогеохимической активности обнаружен в листьях растений *Sisymbrium loeselii* L. наименьший - в корнях. По-видимому, это связано фолитарным поступлением тяжелых металлов с пылью, сажей в растения *Sisymbrium loeselii* L.

Результаты проведенных исследований показали, что растения *Sisymbrium loeselii* L., произрастающие на территории г. Сибай Республики Башкортостан, загрязнены тяжелыми металлами (Zn, Fe, Ni, Cd, Co, Pb).

Библиографический список

1. Байтелова А. И., Гарицкая М. Ю., Чекмарева О. В. Экологические особенности городской среды. Оренбург : Библиком, 2012. 250 с.
2. Никитин В. В. Сорные растения флоры СССР. Л. : Наука, 1983. 454 с.
3. ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор почв. М. : Стандартинформ, 2019. 8 с.
4. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
5. Опекунов А. Ю. Экологическая седиментология : учебное пособие. СПб. : Изд-во С.Петербург. ун-та, 2012. 224 с.
6. 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.
7. Саев Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. Геохимия окружающей среды. М. : Недра, 1990. С. 38.
8. Завальцева О. А. Основы биогеохимии. Ульяновск : УлГУ, 2012. С. 29.
9. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М. : Высшая школа, 1975. 342 с.
10. Оценка биогеохимического состояния травянистых растений и почв Волжско-Камского заповедника / М. Ш. Сибгатуллина, Александрова А. Б., Иванов Д. В., Валиев В. С. // Ученые записки Казанского университета. Серия «Естественные науки». 2014. Т. 156, кн. 2. С. 87-102.
11. Янин Е. П. Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек (состав, особенности, методы оценки). М. : ИМГРЭ, 2002. 52 с.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАРКОВ И СКВЕРОВ г. КИРОВА ПО ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ *BETULA PENDULA* ROTH (БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ) И СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ

М. А. Тупицына, А. С. Олькова, Т. А. Адамович
Вятский государственный университет, *tupitsyna.mariya@mail.ru*

В г. Кирове повышенная асимметрия листьев березы повислой (0,06) наблюдалась только в одном парке из 9, где установлена кратность содержания подвижных форм цинка к нормативу, равная 1,1 раз. Наиболее сильная корреляционная связь показана между асимметрией листьев и содержанием подвижного кадмия в почве, что требует дальнейших исследований.

Ключевые слова: биоиндикация, тяжелые металлы, флуктуирующая асимметрия, окружающая среда

Парки и скверы являются экологическим каркасом городов, поэтому исследование их состояния является актуальной задачей. Методы биоиндикации позволяют оценить качество окружающей среды по состоянию биоты в природных условиях, исследовать то, как живые организмы реагируют на изменения окружающей среды. Древесные растения наиболее предпочтительны для фитомониторинга, поскольку способны длительно существовать в динамично меняющейся городской среде [1]. Методы биоиндикации необходимо сочетать с оценкой химического загрязнения городской среды. Так, тяжелые металлы (ТМ) несут за собой большое количество негативных последствий, которые отрицательно сказываются на растительном и животном мире [2].

Целью данной работы была оценка экологического состояния парков и скверов г. Кирова (Кировская область) по биоиндикационному параметру – флуктуирующей асимметрии (ФА) листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth) и химическому параметру – содержанию подвижных форм ТМ в почве.

Участки исследования были заложены по всем основным географическим направлениям. Критерии выбора участков – произрастание березы повислой.

Первым методом исследования было измерение коэффициента флуктуирующей асимметрии. В г. Кирове (Россия, Кировская область) были выбраны 9 участков парковых зон. На каждом участке было выбрано 10 берез, с которых было собрано по 10 листьев. Выборка на каждом участке составила 100 листьев. Половины каждого листа измеряли по пяти параметрам, затем две половины сравнивали с вычислением коэффициента асимметрии (КА). В зависимости от КА участки характеризуются: $< 0,055$ – чисто; $0,056–0,6$ – относительно чисто («норма»); $0,06–0,065$ – загрязнено («тревога»); $0,065–0,07$ – грязно («опасно»); $> 0,070$ – очень грязно («вредно») [3].

Вторым методом исследования было атомно-абсорбционное определение подвижных форм ТМ в почве исследуемых участков [4]. В работе рассмотрены 4 элемента: цинк, медь, свинец, кадмий. Между ФА листьев и содержанием ТМ в почве (мг/кг) рассчитывали коэффициент корреляции Пирсона. Результаты отражены в таблице.

Анализ участия агроботанических групп в составе изучаемых луговых ассоциаций показал, что наибольшее участие в структуре агроботанических групп принимают злаки – 81,8–88,6%. Участие разнотравья колебалось в пределах 8,8–14,3%, а минимальное участие отмечено у осок – 2,6–3,9%. В изучаемых ассоциациях отсутствовала агроботаническая группа бобовых.

Анализ участия агроботанических групп в составе изучаемых луговых ассоциаций показал, что наибольшее участие в структуре агроботанических групп принимают злаки – 81,8–88,6%. Участие разнотравья колебалось в пределах 8,8–14,3%, а минимальное участие отмечено у осок – 2,6–3,9%. В изучаемых ассоциациях отсутствовала агроботаническая группа бобовых.

Комплексная характеристика участков исследования

Участки		ФА листьев, баллы	рН водной вытяжки, ед. рН	Кратность содержания ТМ в почве к нормативу, раз	Коэффициент корреляции Пирсона «ФА-ТМ»
ориентация участков	расположение				
Север	Район «Коминтерн»	0,051 чисто	6,2±0,2	Cd: 0,005 Pb: 0,01 Cu: 0,002 Zn: 0,009	Cd: 0,67 Pb: -0,41 Cu: -0,21 Zn: 0,13
Юг	Район «Малые Чижки»	0,043 чисто	6,5±0,2	Cd: 0,007 Pb: 0,03 Cu: 0,004 Zn: 0,03	
Запад	Район «Садовковский»	0,045 чисто	6,7±0,2	Cd: 0,005 Pb: 0,02 Cu: 0,003 Zn: 0,005	
Восток	Ул. Талица	0,049 чисто	6,6±0,2	Cd: 0,003 Pb: 0,55 Cu: 0,01 Zn: 0,10	
Центр	Александровский парк	0,06 загрязнено	6,9±0,2	Cd: 0,009 Pb: 0,05 Cu: 0,003 Zn: 1,10	
Юго-Восток	Район «Малая Субботиха»	0,045 чисто	6,7±0,2	Cd: 0,0024 Pb: 0,008 Cu: 0,0007 Zn: 0,13	
Юго-Запад	Парк им. Кирова	0,045 чисто	6,7±0,2	Cd: 0,004 Pb: 0,01 Cu: 0,001 Zn: 0,01	
Северо-Восток	Ул. Искры	0,04 чисто	6,7±0,2	Cd: 0,002 Pb: 0,02 Cu: 0,001 Zn: 0,01	
Северо-Запад	Ул. Лепсе	0,039 чисто	7,0±0,2	Cd: 0,01 Pb: 0,07 Cu: 0,03 Zn: 0,62	

Содержания подвижных форм ТМ в почве других участков было значительно ниже норматива. Уровень, превышающий половину установленного допустимого значения, был превышен для цинка в почве сквера вдоль ул. Лепсе (0,62) и для свинца в почве вдоль ул. Талица (0,55).

Корреляционный анализ показал сильную связь между содержанием подвижных форм кадмия в почве и коэффициентом асимметрии листьев бере-

зы (0,67), что требует в дальнейшем дополнительных исследований в части определения содержания ТМ в биомассе листьев.

Таким образом, все исследованные парки и скверы г. Кирова, расположенные в разных частях города, оказались благополучны по биологическому показателю – флуктуирующей асимметрии березы повислой, и химическому показателю – уровню подвижных форм тяжелых металлов в почве. Выявленные превышения условной нормы (ФА) и регламентированного норматива (ТМ) требуют уточнения в многолетнем режиме наблюдений.

Библиографический список

1. Евсеева А. А., Абрахманова О. И. Мониторинг качества среды города Калуги методом биоиндикации (при использовании *Quercus Robur L.*) // Ученые записи Крымского Федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. № 2. С. 35–44.

2. Казакова Н. А., Садретдинова Л. Р., Мухаметшин А. А. Исследование почв территорий промышленных предприятий на предмет наличия тяжелых металлов // Евразийский союз ученых. 2019. № 12–2 (69). С. 9–13.

3. Стрельцов А. Б. Региональная система биологического мониторинга. Калуга : Изд-во Калужского ЦНТИ, 2003. 431 с.

4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (издание 2-е, переработанное и дополненное). М. : ЦИНАО, 1992. 63 с.

5. Hazardous and Trace Materials in Soil and Plants: Sources, Effects and Management / M. Naeem, A. A. Ansari, A. Macovei, T. Aftab, S. S. Gill. 2022. doi: 10.1016/C2021-0-00053-5

6. Олькова А. С., Березин Г. И., Ашихмина Т. Я. Оценка состояния почв городских территорий химическими и эколого-токсикологическими методами // Поволжский экологический журнал. 2016. № 4. С. 411–423.

К СОСТОЯНИЮ ЛИПНЯКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛЖСКОГО И КРАСНОЯРСКОГО МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Н. Ильина¹, О. В. Козловская², К. Ю. Атанова¹

¹ Самарский государственный социально-педагогический университет,
Siva@mail.ru, atanova.kseniya@sgspu.ru

² Самарский государственный технический университет, *savenkoov@mail.ru*

В статье представлены результаты обследования липняков на территории Волжского и Красноярского муниципальных районов Самарской области. Установлена высокая доля поврежденных особей основных древесных пород. Практически полностью деревья в липняках поражены мучнисторосыми грибами.

Ключевые слова: древостой, липняки, повреждение, Самарская область.

Современная структура и состояние лесных массивов лесостепной части Самарской области имеют значение при выполнении ими экосистемной

роли [1–7]. Зачастую функции лесов нарушаются при высокой антропогенной нагрузке, а также при воздействии разнообразных абиотических и биотических факторов. Особое внимание уделяется дубравам в связи с изменением климата, что приводит к их угнетению и даже усыханию.

По результатам полевых исследований установлено преобладание в составе водораздельных и байрачных лесов Волжского и Красноярского районов Самарской области дубрав и кленовников; липняки не имеют широкого распространения, занимая примерно 14% от обследованных территорий, занятых лесом. Описания лесных сообществ проводились авторами по общепринятым геоботаническим и таксационным методикам [8–10].

Установлено, что в липняках поражения древостоя относятся к нескольким основным типам: морозобоины, поражение мучнистой росой, наклоненные стволы, кривые стволы, поражение трутовиками, суховершинность (в представленном ряду типы повреждений расположены от большего к меньшему). В целом, поражения какого-либо типа отмечены у 67% деревьев, все из указанных повреждений отмечены у 4% деревьев. Результаты исследования древостоя представлены на рисунке.

В ходе работ установлено, что самая большая доля кривых стволов наблюдается на участках № 22 (8Л2Кл) – 24,1%, № 23 (7Л3Кл) и № 26 (6Л2Д2Кл) – 23,5% от общего числа деревьев. Самая низкая доля кривых стволов зафиксирована на участках № 28 (6Л4Я) – всего 6,4%, № 21 (8Л1Д1Кл) – 11,3% и № 29 (6Л3Б1Р) – 13,5%.

Большая доля наклонённых стволов в древостое наблюдается на участках № 30 (5Л3Д2Кл) – 48,2%, № 29 (6Л3Б1Р) – 32,2% и № 32 (5Л2Д2Кл1Б) – 24,3% от общего числа стволов. Самая низкая доля наклонённых деревьев наблюдается на 19 участке (10Л) – 12,3%, на участках № 28 (6Л4Я) – 12,7% и № 25 (7Л2Б1Кл) – 13,9% (рис.).

Значительной долей экземпляров с морозобоинами характеризуются древостои липняков на участках № 22 (8Л2Кл) – 56,2%, № 26 (6Л2Д2Кл) – 55,4% и № 25 (7Л2Б1Кл) – 48,6%. Меньшее поражение древостоя при морозах отмечено на участках № 23 (7Л3Кл) – 16,8%, № 21 (8Л1Д1Кл) – 23,6% и № 19 (10Л) – 26,5%.

В липняках на территории Волжского района Самарской области также выявлено, что доля суховершинных деревьев составляет больше половины всех стволов в древостоях: на участке № 26 (6Л2Д2Кл) их насчитывается 13,2%, № 24 (7Л2Д1Кл) и № 30 (5Л3Д2Кл) – по 12,3%. Малая доля таких поврежденных деревьев отмечается на участках № 21 (8Л1Д1Кл) – 2,8%; № 19 (10Л) – 3,2%; № 20 (9Л1Д) – 3,6%.

Самая высокая доля деревьев с усыхающими ветвями зафиксирована на участках № 24 (7Л2Д1Кл) – 15,4%; № 31 (5Л2Д2Кл1Б) – 14,5% и № 25 (7Л2Б1Кл) – 13,8% от общего числа деревьев. С малой долей таких повреждений выявлены древостои на участках № 29 (6Л3Б1Р) – 4,5%; № 32 (5Л3Я2Б) и № 19 (10Л) – 6,5%.

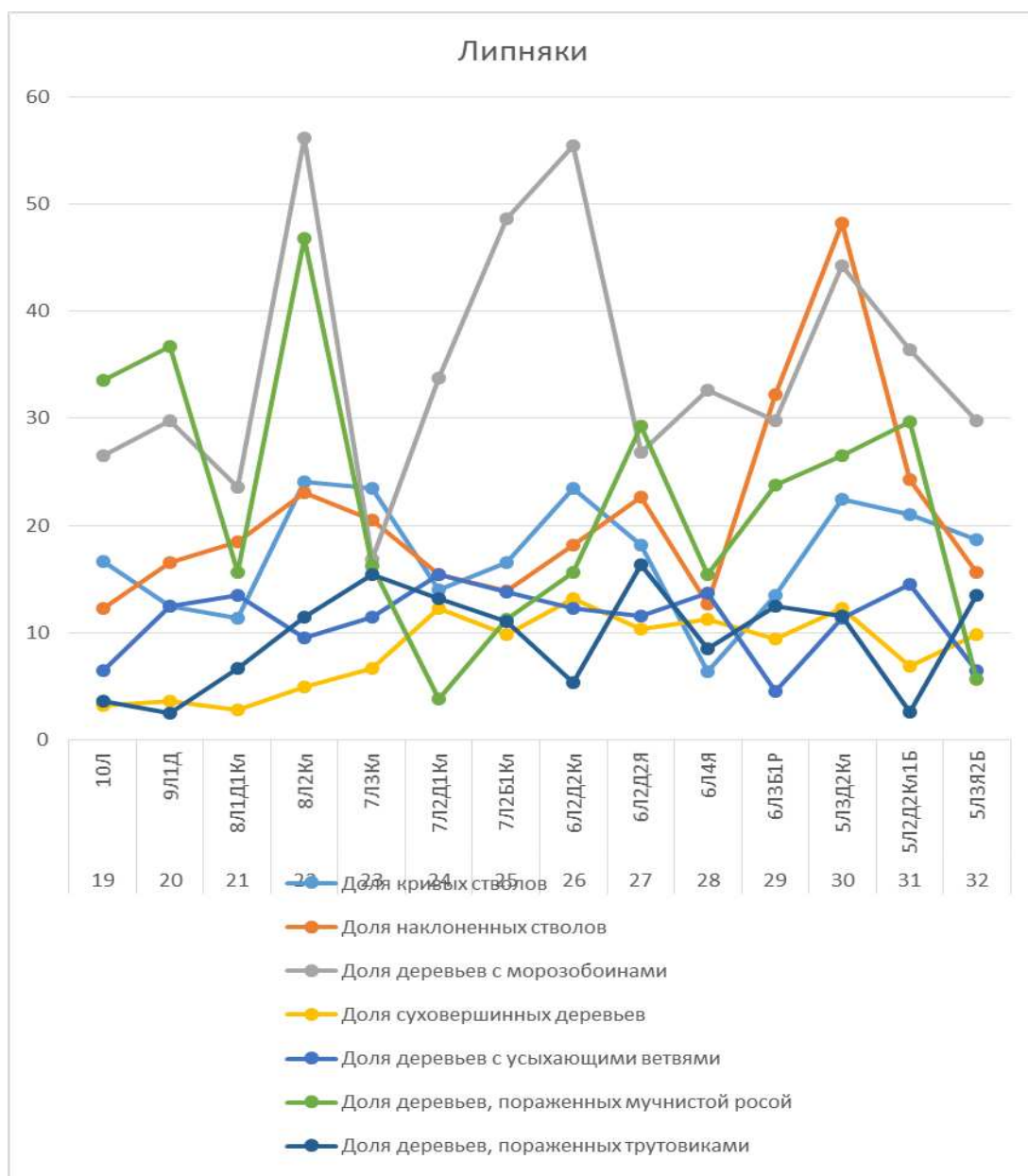


Рис. Типы поражения древостоев в липовых лесах

На участках № 22 (8Л2Кл) – 46,8%, № 20 (9Л1Д) – 36,7% и № 19 (10Л) – 33,5% деревья поражены мучнистой росой достаточно сильно. Самой малой долей пораженных деревьев характеризуются древостои участков № 24 (7Л2Д1Кл) – 3,8%, № 32 (5Л3Я2Б) – 5,6% и № 25 (7Л2Б1Кл) – 11,2%. Поражения такого типа приводят к усыханию, потери жизнестойкости и снижению урожайности деревьев.

Большая доля деревьев, пораженных трутовиками, наблюдается на участках № 27 (6Л2Д2Я) – 16,3%; № 23 (7Л3Кл) – 15,4%; № 32 (5Л3Я2Б) – 13,5%. Самая низкая доля пораженных трутовиками деревьев зафиксирована на участках № 20 (9Л1Д) – 2,5%, № 31 (5Л2Д2Кл1Б) – 2,6% и № 19 (10Л) – 3,6%.

В целом, состояние липовых лесов на территории Волжского и Красноярского муниципальных районов Самарской области считаем удовлетворительным. Однако повышение рекреационной нагрузки и сплошные рубки вызывают опасения за их сохранность.

Библиографический список

1. Сравнительная характеристика флоры долинных и водораздельных лесов Похвистневского района / Е. Г. Бирюкова, Н. С. Ильина, А. А. Устинова, С. Н. Якупова // Вестник СГПУ. Исследования в области естественных наук и образования : Сб. науч. тр. Вып. 5. Самара, 2006. С. 9–18.
2. Евдокимов Л. А. Материалы к флоре байрачных лесов степного Заволжья // Морфология и динамика растительного покрова. Научные труды КГПИ. Т. 205. Куйбышев, 1977. С. 46–52.
3. Задульская О. А. Флора лесов и лесных опушек Самарской Луки // Самарская Лука на пороге третьего тысячелетия : материалы к докладу «Состояние природного и культурного наследия Самарской Луки». Тольятти, 1999. С. 99–103.
4. Ильина Н. С., Устинова А. А. О судьбе самарских пригородных лесов // Исследования в области естественных наук и образования : Межвуз. сб. науч.-исслед. работ преподавателей и студентов. Самара : СГПУ, 2005. С. 294–296.
5. Казанцев И. В., Матвеева Т. Б. Оценка рекреационного потенциала пригородных лесов г. Самары // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, № 3. С. 49–52.
6. Матвеева Т. Б. Комплексная характеристика пригородных лесов окрестностей Самары : дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2015. 268 с.
7. Матвеева Т. Б. Оценка рекреационной нарушенности лесов пригородной зоны г. Самары методом дорожно-тропиночной сети // Перспективы развития и проблемы современной ботаники : материалы II(IV) Всерос. молодежной науч. конф. Новосибирск, 2010. С. 341–342.
8. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
9. Воронов А. Г. Геоботаника : учеб. пособие для ун-тов. Изд. 2. М. : Высшая школа, 1973. 384 с.
10. Ипатов В. С., Кирикова Л. А. Фитоценология. СПб. : Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, 1997. 316 с.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ОРХИДНЫЕ В ЗАПОВЕДНИКЕ «НУРГУШ» (ТУЛАШОРСКИЙ УЧАСТОК)

О. Г. Баранова¹, Е. М. Тарасова²

¹ *Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН, betula_udm@mail.ru*

² *Государственный природный заповедник «Нургуш»,
tarasova-nurgush@mail.ru*

В статье представлены материалы с новыми данными по распространению некоторых представителей семейства Орхидные на территории Тулашорского участка заповедника «Нургуш», полученные в 2021–2022 гг. Данные материалы необходимы для проведения мероприятий по сохранению редких представителей местной флоры и мониторингу их популяций.

Ключевые слова: редкие растения, мониторинг, Красная книга, Orchidaceae.

Семейство Орхидные заслуживает особого внимания в плане сохранения его видового разнообразия, так как многие его представители находятся под угрозой исчезновения не только благодаря усилению антропогенного воздействия на места их произрастания, но и в силу особенностей их биологии и экологии [1]. На территории Кировской области 20 видов этого семейства занесены в Красную книгу Кировской области [2], что составляет почти 70% от общего разнообразия Орхидных во флоре Кировской области [3]. Для осуществления охраны видов растений, занесенных в Красные книги, необходима реализация конкретных мероприятий, способствующих их сохранению. В настоящее время в России на государственном уровне лучше всего обеспечивается охрана видов лишь в заповедниках [1], где возможно проведение многолетних научно-исследовательских работ по мониторингу популяций растений, а также изучению биологических особенностей отдельных видов орхидей и их экологических потребностей. Для проведения такого рода работ необходимо выявление особенностей их распространения на заповедных территориях.

Поэтому основной целью данной работы явилось обнаружение мест произрастания популяций представителей семейства Orchidaceae на территории Тулашорского участка заповедника «Нургуш» для их последующего мониторинга.

Планомерные исследования по установлению видового разнообразия сосудистых растений на современной территории Тулашорского участка заповедника «Нургуш» начались 12 лет назад, до этого времени имелись лишь отрывочные литературные данные [3–5] и гербарные материалы. Толчком для начала исследований явилось придание территории близ бывшего пос. Тулашор Нагорского района Кировской области статуса заповедной, взятого под охрану в качестве эталона средней тайги на востоке европейской части России (распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.03.2010 № 350-р). В 2011 г. было осуществлено первичное флористическое обследование территории, составлен предварительный конспект флоры [6], где указано произрастание трех представителей семейства Orchidaceae: *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó (включая *D. hebridensis*), *Goodyera repens* (L.) R. Br., *Platanthera bifolia* (L.) Rich. Более детальное обследование территории в 2016–2019 гг., проведенное С. В. Бакка и Н. Ю. Киселевой, позволили выявить еще пять видов орхидных на территории заповедника и в его охранной зоне, занесенных в Красную книгу Кировской области [2]: *Corallorhiza trifida* Châtel., *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó, *Dactylorhiza viridis* (L.) R. M. Bateman, Pridgeon et M. W. Chase, *Listera cordata* (L.) R. Br., *Epipogium aphyllum* Sw., последний вид занесен и в Красную книгу Российской Федерации [7–9]. Следует отметить, что в Красной книге Кировской области только для 2-х пред-

ставителей – *Listera cordata* и *Epipogium aphyllum*, указано произрастание в Нагорском районе [2].

На территории участка «Тулашор» заповедника «Нургуш» и его охранной зоны нами флористические исследования были проведены в 2021–2022 гг., в результате которых выявлено еще два новых вида – *Malaxis monophyllos* (L.) Sw., *Dactylorhiza traunsteineri* (Saut.) Soó, последний занесен федеральную и региональную Красные книги [2, 9].

Большая часть территории заповедника и охранной зоны покрыта сосновыми, елово-сосновыми и еловыми лесами, преимущественно с участием зеленых мхов и пятнами сфагновых мхов, поэтому такие виды как *Goodyera repens*, *Platanthera bifolia*, встречаются редко, рассеяно одиночно или небольшими группами по всей исследованной лесной территории заповедника и его охранной зоны, тогда как *Dactylorhiza fuchsii*, более обычен и встречается не только в лесах, но растет и вдоль квартальных дорог, на болотах и их окраинах. *Malaxis monophyllos* отмечен нами однажды в сосновом лесу в охранной зоне близ вывешего пос. «Тулашор».

Особенности распространения «краснокнижных» видов семейства связаны с определенными типами растительных сообществ.

Так распространение *Listera cordata* приурочено преимущественно с сосновыми, еловыми или елово-сосновыми лесами с участием зеленых мхов, а также отчасти местами и сфагновых. Нами данный вид отмечен в 31 (59.64531 с. ш., 49.99981 в.д.), 33-35 кв. заповедника (59.66091 с. ш., 50.10383 в.д.; 59.66982, 50.10622; 59.655313, 50.10675; 59.65504, 50.33833; 59.65187, 50.10255; 59.65866, 50.09513; 59.64863, 50.08783) и 40 кв. охранной зоны (59.65119, 50.07463). Ранее он уже был указан для охранной зоне заповедника (кв. 40) [7, 8].

Единичные особи *Epipogium aphyllum* найдены нами в сосновом лесу на коренном берегу р. Фёдоровки в охранной зоне заповедника в 49 кв. (59.62007 с. ш., 50.02900 в.д.), на квартальной грани заповедника и охранной зоны 35/36 кв. и в ельнике-черничнике в 35 кв. Ранее вид найден в кв. 6, 12, 13, 19, 33 заповедника [7, 8].

Вид *Dactylorhiza traunsteineri* приурочен к сфагновым болотам, которые занимают на территории заповедника и в его охранной зоне очень небольшие площади. Нами вид обнаружен в 45 кв. охранной зоны в заболоченном сосновом лесу (59.65086, 49.89173), а также на болоте Чернушка, в сосново-кустарничково-сфагновом сообществе в 37 кв. (59.64531 с. ш., 49.97012 в. д.), здесь же обнаружен и вид *Dactylorhiza maculata*, и на болоте в 31 кв. (59.66890 с. ш., 49.99947 в.д.).

Corallorhiza trifida обнаружен в количестве 17 особей с плодами в 31 кв. заповедника (59.66890 с. ш., 49.99947 в. д.). Ранее был найден на границе заповедника и охранной зоны (кв. 34/41), а также у границы охранной зоны заповедника на поляне у бывшего пос. Тулашор [7, 8].

В результате проведенных исследований на территории Тулашорского участка заповедника обнаружено произрастание 8 видов семейства

Orchidaceae, тогда как в охранной зоне выявлено 10 видов этого семейства. На территории заповедника произрастает 5 видов, занесенных в Красную книгу Кировской области [2] и 2 – Красную книгу Российской Федерации [9]. За последние 2 года в ходе исследований установлено 18 новых мест произрастания 6 представителей семейства Орхидные на территории заповедника и в его охранной зоне.

Работа частично выполнена в рамках государственного задания по плановой теме БИИ РАН: АААА-А19-119031290052-1 «Сосудистые растения Евразии: систематика, флора, растительные ресурсы».

Библиографический список

1. Варлыгина Т. И., Вахромеева М. Г., Татаренко И. В. Орхидные России (биология, экология и охрана). М. : Товарищество научных изданий КМК, 2014. 437 с.
2. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы Изд. 2-е. / под ред. О. Г. Барановой и др. Киров : ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.
3. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Ч.1. Сосудистые растения. Киров : ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.
4. Смирнова А. Д. Типы еловых лесов крайнего севера Кировской области. Краткий обзор кандидатской диссертации // Ботанический журнал СССР. 1943. № 5(28). С. 171–180.
5. Смирнова А.Д. Типы еловых лесов крайнего севера Кировской области. Часть 1 // Ученые записки Горьковского государственного университета. 1954. Вып. 25. С. 191–226.
6. Тарасова Е. М. Предварительный конспект флоры сосудистых растений участка «Тулашор» заповедника «Нургуш» // Труды государственного природного заповедника «Нургуш». Т. 1. Киров : ООО «Типография «Старая Вятка», 2011. С. 154–169.
7. Бакка С. В., Киселева Н. Ю. Новые находки редких видов сосудистых растений на участке «Тулашор» заповедника «Нургуш» в 2016–2017 гг. // Труды Государственного природного заповедника «Нургуш». Т. 4. Киров : ООО «Типография «Старая Вятка», 2017. С. 7–8.
8. Бакка С. В., Киселева Н. Ю., Тарасова Е. М. Итоги инвентаризации орхидных (Orchidaceae) участка «Тулашор» заповедника «Нургуш» // Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П. Г. Смидовича. 2020. № 25. С. 296–304.
9. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы). М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.

МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ВЫСШИХ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ВЕРХОВЬЕВ РЕКИ Б. ПАТОК (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «ЮГЫД ВА», ПРИПОЛЯРНЫЙ 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 верховьях реки Б. Паток (бассейн р. Щугор) национального парка «Югыд Ва» на Приполярном Урале (Республика Коми). Охарактеризована систематическая, таксономическая и географическая структура флоры. В результате исследований выявлены новые 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 242 ООПТ, четыре из которых – Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник, национальный парк «Югыд ва», национальный парк «Койгородский», государственный природный заказник «Параськины озера» – имеют федеральный статус, остальные (238) – региональное (республиканское) подчинение. Общая площадь природно-заповедного фонда составляет 5,7 млн. га, ~13,7% от общей площади республики [1].

Национальный парк «Югыд ва» – один из крупнейших природоохраненных 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 [2, 3].

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 [4–7]. Ранее были изучены близлежащие территории в бассейне р. Щугор: восточнее в 20 км – в истоках р. Паток [8], и намного южнее в долине реки самого Щугора и в бассейне р. Малого Патока, правого притока р. Щугор [6, 9, 10].

Изучение флоры сосудистых растений верховьев реки Б. Паток выполняли маршрутным методом с обследованием всех встречающихся местообитаний (долина реки Б. Паток с притоками, гольцовый, горно-тундровый, подгольцовый, горно-лесной пояса хребта Исследовательский) и типов растительности (лесная, тундровая, болотная, кустарниковая, травяная). Были исследованы: долина реки Б. Паток вверх и вниз по течению по левому и правому берегам от устья реки Надежд, река Надежд с притоками до 4 км выше от устья, близлежащие горные склоны южной, западной и северной экспози-

ций. 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 (СҮКО). Определение растений выполнено с использованием монографии «Флора Северо-Востока европейской части СССР» [11]. Данная сводка использована и при отнесении вида к географическим группам ареалов. Названия растений и расположение семейств приводятся по сводке С. К. Черепанова [12].

Проведены таксономический, систематический, географический, экологический и биологический анализы флоры. При географическом анализе использован метод биогеографических координат Б. А. Юрцева [13], согласно которому для каждого вида определен широтный и долготный типы ареалов.

По результатам исследований в верховьях реки Б. Паток (исток реки Б. Паток) было установлено, что флора сосудистых растений насчитывает 258 видов, относящихся к 160 родам и 58 семействам. Пропорция флоры (среднее число родов и видов в одном семействе) составляет 1 : 2,6 : 4,5.

К высшим споровым сосудистым растениям, которые представлены папоротниками, хвощами и плаунами, относятся 27 видов (10,5%). Тринадцать видов принадлежат к папоротниковидным: *Asplenium viride* Huds., *Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz, *Cryptogramma crispa* (L.) R. Br., *Cryptogramma stelleri* (S.G. Gmel.) Prantl, *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray, *Polystichum lonchitis* (L.) Roth, *Rhizomatopteris montana* (Lam.) A. Khokhr и др. Разнообразие хвощевидных и плауновидных немного меньше (восемь и шесть видов соответственно), чем папоротниковидных. Пять видов относятся к голосеменным растениям, которые представлены хвойными: *Abies sibirica* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour, *Juniperus sibirica* Burgsd. Первые четыре из перечисленных таксонов принадлежат к числу эдификаторов лесных сообществ.

Остальные виды (226) относятся к покрытосеменным или цветковым растениям, из которых 71 – однодольные, а 155 – двудольные. Соотношение однодольных и двудольных составляет 1 : 2,2. Однодольные растения представлены семействами Scheuchzeriaceae Rudolphi, Poaceae Barnhart, Cyperaceae Juss., Juncaceae Juss., Melanthiaceae Batsch, Alliaceae J. Agardh, Trilliaceae Lindl., Convallariaceae Horan., Orchidaceae Juss. Двудольные принадлежат к семействам Salicaceae Mirb., Betulaceae S. F. Gray, 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, Violaceae Batsch, Thymelaceae Juss., Onagraceae Juss., Apiaceae Lindl., Cornaceae Dumort., Pyrolaceae Dumort., Ericaceae Juss., Diapensiaceae Lindl., Primulaceae Vent., Menyanthaceae Dumort., Boraginaceae Juss., Lamiaceae Lindl., Scrophulariaceae Juss., Lentibulariaceae Rich., Rubiaceae Juss., Caprifoliaceae

Juss., Adoxaceae Trautv., Valerianaceae Batsch, Campanulaceae Juss., Asteraceae Dumort.

Наибольшим числом видов во флоре истока реки Б. Паток характеризуются семейства Poaceae (28), Asteraceae (28), Cyperaceae (27), Rosaceae (19), Salicaceae (12), Ericaceae (12), Ranunculaceae (9), Scrophulariaceae (8), Equisetaceae (8) и Caryophyllaceae (7). Остальные семейства включают от шести до одного вида. Доля видов в 10 ведущих семействах составляет 61,2%.

Растения флоры верховьев реки Б. Паток относятся к разным географическим элементам. Географический анализ флоры по составу широтных групп показал преобладание бореальных видов, которые составляют более половины от общего числа выявленных сосудистых растений – 156 видов, или 60,5 %. Среди бореальных видов такие эдификаторы и доминанты растительных сообществ, как *Abies sibirica*, *Larix sibirica*, *Picea obovata*, *Aconitum septentrionale* Koelle, *Bistorta major* S.F. Gray, *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin., *Carex rostrata* Stokes, *Crepis sibirica* L. Намного меньше таксонов (81 вид, или 31,4%) принадлежат к другим северным широтным группам: арктической, аркто-альпийской и гипоарктической. Арктических видов, характерных для тундровой зоны, – 8, или 3,1%: *Huperzia arctica* (Tolm.) Sipl., *Carex arctisibirica* (Jurtz.) Czer., *Salix lanata* L., *Astragalus subpolaris* Boriss. et Schischk., *Oxytropis sordida* (Willd.) Pers. и др. Аркто-альпийских видов – 38, или 14,7%: *Cryptogramma crispa*, *Eriophorum scheuchzeri* Hoppe, *Omalotheca supina* (L.) DC., *Oxyria dygyna* (L.) Hill, *Pachypleurum alpinum* Ledeb., *Poa alpina* L. и др. Гипоарктических видов отмечено 35, или 13,6%: *Diphasiastrum alpinum* (L.) Holub, *Anthoxanthum alpinum* A. et D. Love, *Chamaepericlymenum suecicum* (L.) Aschers. et Graebn. и др.

Из южных широтных групп (9 видов, или 3,5%) присутствует только неморально-бореальная. Лесостепных и неморальных видов не выявлено. Из неморально-бореальных видов отмечены следующие: *Crepis paludosa* (L.) Moench, *Dryopteris dilatata*, *D. filix-mas*, *Melica nutans* L., *Milium effusum* L., *Paris quadrifolia* L. и др.; они произрастают в смешанных лесах разнотравных в долинах рек. Восемь видов (или 3,1%) имеют полизональное распространение: *Callitriche cophocarpa* Sendtner, *Cerastium holosteoides* Fries, *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, *Sagina procumbens* L.; часть из них произрастает во влажных экотопах, водных и болотных сообществах.

Среди долготных групп преобладают виды с широкими голарктическими и евразийскими ареалами. Их доли составляют соответственно 42,2 и 34,5% от общего числа видов. Это типичная черта флоры таежной зоны Голарктики.

Европейских видов 32, или 12,4% от общего числа таксонов. К азиатским относятся 23 вида, или 8,9%. Соотношение европейских и азиатских (сибирских) видов закономерно отражает положение изученной территории на границе двух частей света – Европы и Азии. Космополитных видов три (или 1,2%), два вида (или 0,5%) являются эндемиками Северного и Приполярного Урала: *Anemonastrum biarmense* (Juz.) Holub, *Thymus paucifolius* Klok.

Во флоре истока реки Б. Патока произрастают 15 видов сосудистых растений, занесенных в Красную книгу Республики Коми [14]. Два вида: *Cryptogramma crispa*, *Pinus sibirica* – отнесены к группе таксонов с категорией статуса редкости 2. Двенадцать видов классифицированы как редкие (категория статуса редкости 3): *Asplenium viride*, *Artemisia norvegica* Fries., *Anemonastrum biarmiense*, *Cirsium helenioides* (L.) Hill, *Cryptogramma stelleri*, *Diapensia lapponica* L., *Dryopteris filix-mas*, *Dryopteris fragrans* (L.) Schott, *Leucorchis albida* (L.) E. Mey., *Paeonia anomala* L., *Polystichum lonchitis*, *Rhodiola rosea* L. Один вид – *Thymus paucifolius* – относится к группе с неопределенным статусом. 12 видов, которые нуждаются в постоянном контроле численности популяций и включены в приложение 1 к региональной Красной книге [14]: *Cardamine bellidifolia* L., *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soo, *Harrimanella hypnoides* (L.) Cov., *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv., *Oxyria dygyna* (L.) Hill, *Phyllodoce caerulea* (L.) Bab., *Poa remota* Forsell., *Poa sibirica* Roshev., *Rhizomatopteris montana*, *Veronica alpine* L., *Utricularia minor* L., *Xamilenis acaulis* (L.) Tzvel. Все флористические находки редких и охраняемых видов для данного района являются новыми.

Часть популяций редких и охраняемых растений находятся в стабильном состоянии, отличаются высокой численностью и плотностью (*Anemonastrum biarmiense*, *Cryptogramma crispa*, *Dryopteris filix-mas*, *Paeonia anomala*, *Polystichum lonchitis*, *Rhodiola rosea*).

Флора верховьев реки Б. Паток имеет типичные горные черты, в ней при преобладании бореальных таксонов заметна доля видов других северных широтных групп (арктической и аркто-альпийской) при низком участии видов южных широтных групп. Это закономерно и обусловлено тем, что данная территория расположена в горах Приполярного Урала с отметками абсолютных высот от 500 до 1100 м над ур. м. Сорные и заносные растения полностью отсутствуют, что свидетельствует об отсутствии антропогенного воздействия на экосистемы. Во флоре данного района произрастает 15 видов растений, занесенных в Красную книгу Республики Коми, и двенадцать видов нуждаются в постоянном контроле численности популяций и включены в приложение 1 к региональной Красной книге. Часть популяций редких и охраняемых растений, найденных в районе исследований, находятся в стабильном состоянии, отличаются высокой численностью и плотностью.

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.

Библиографический список

1. Особо охраняемые природные территории (ООПТ) [Электронный ресурс]. – URL: <http://mpr.rkomi.ru/deyatelnost/osobo-ohranaemye-prirodnye-territorii-oopt> (дата обращения: 28.03.2023).

2. Национальный парк Югыд ва / под ред. В. И. Пономарева. М. : Дизайн. Информация. Картография, 2001. 208 с.
3. Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми / под ред. С. В. Дёгтевой, В. И. Пономарева. Сыктывкар : Кировская обл. тип., 2014. 428 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. : Тов-во науч. изд. КМК, 2016. 483 с.
5. Мартыненко В. А., Дегтева С. В. Конспект флоры национального парка «Югыд Ва» (Республика Коми). Екатеринбург : УрО РАН, 2003. 108 с.
6. Бассейн реки Малый Паток: дикая природа / отв. редактор В. И. Пономарев. Сыктывкар, 2007. 216 с.
7. Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна реки Кожим (северная часть национального парка «Югыд ва») / под ред. Е. Н. Патовой. Сыктывкар : Коми республиканская тип., 2010. 192 с.
8. Канев В. А. Анализ локальной горной флоры Исследовательского хребта (Приполярный Урал, верховья реки Паток) // Актуальные проблемы биологии и экологии : материалы XVI Молодежной науч. конф. Сыктывкар, 2010. С. 35–37.
9. Канев В. А. Материалы к флоре высших сосудистых растений устья реки Няртую (национальный парк «Югыд Ва», Северный Урал Республики Коми) // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров : ВятГУ, 2022. С. 281–287.
10. 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.
11. 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.
12. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / под ред. Г. С. Розенберга, С. В. Саксонова. СПб. : Мир и семья, 1995. 990 с.
13. Юрцев Б. А. Флора Сунтар-Хаята. Л. : Наука, 1968. 235 с.
14. Красная книга Республики Коми: третье издание, официальное. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2019. 768 с.

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ГОРЕ ТИП-ТЯВ (ГОРОДСКОЙ ОКРУГ САМАРА, РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ)

А. С. Галкина, И. С. Кузьмин, Н. А. Аветисян
Самарский государственный социально-педагогический университет,
galkina.aleksandra@sgspsu.ru, ilya.kuzmin@sgspsu.ru,
avetisyan.n@sgspsu.ru

В статье представлены результаты исследования популяций редких видов растений, произрастающих на территории природно-территориального комплекса «Гора Тип-Тяв». Растительный покров испытывает интенсивную рекреационную нагрузку, в связи с чем состояние популяций некоторых видов растений находится в неудовлетворительном состоянии, а численность особей сокращается в условиях антропогенного пресса. Невысокую численность особей имеют популяции *Astragalus zingeri* Korsh., *Cephalanthera rubra*

Rich., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Iris pumila* L., *Anemonoides altaica* Holub., *Aster alpinus* L., *Ferula tatarica* Fisch. ex Spreng., *Jurinea ledebourii* Bunge, *Pulsatilla patens* Mill., *Scabiosa isetensis* L.

Ключевые слова: популяция, тип популяции, численность особей, редкий вид.

Оценка современного состояния природно-территориальных комплексов включает многоаспектные исследовательские изыскания, среди которых все заметное место приобретают популяционно-онтогенетические исследования, базирующиеся на методике отечественных ученых [1–3].

В Самарской области изучение популяций редких и типичных для экосистем видов флоры осуществляется уже более 25 лет [4, 5], однако антропогенный пресс, изменение климата и другие факторы требуют осуществления мониторинга и выявления ежегодных изменений в структуре и численности популяций [6–8]. В связи с этим изучение популяций редких и исчезающих видов является актуальным направлением биоэкологических исследований.

Территория наших исследований расположена в черте г.о. Самара в связи с необходимостью сохранения природно-территориальных комплексов в урбанизированной среде. Одним из пунктов изучения редких видов является ключевой участок – гора Тип-Тяв. В целом Сокольи горы, частью которых является гора Тип-Тяв, без сомнения являются убежищем реликтовой флоры и фауны, что связано с их геологической историей, общей с Жигулями.

Полученные данные показывают, что к числу редких следует отнести 42 вида флоры горы Тип-Тяв. Они неодинаковы по своему статусу и рангу охраны. В Красную книгу РФ [9] включено 5 видов: *Astragalus zingeri* Korsh., *Cephalanthera rubra* Rich., *Iris pumila* L., *Koeleria sclerophylla* P. Smirn., *Stipa pennata* L. В Красную книгу Самарской области [10], наряду с перечисленными выше, включены еще 10 представителей (всего 15): *Adonis vernalis* L., *Anemonoides altaica* Holub., *Aster alpinus* L., *Clausia aprica* Korn.-Tr., *Epipactis atrorubens* Schult., *Ferula tatarica* Fisch. ex Spreng., *Jurinea ledebourii* Bunge, *Laser trilobum* Borkh, *Pulsatilla patens* Mill., *Scabiosa isetensis* L. Здесь произрастает и некоторое число уязвимых представителей, не охраняемых официально, но требующих внимания.

В таблице указана численность зарегистрированных особей в ходе исследования, тип и состояние популяций, изученных на горе Тип-Тяв в 2022 году. Малочисленными оказались популяции *Epipactis atrorubens*, *Epipactis helleborine*, *Aster alpinus*, *Clausia aprica*, *Ferula tatarica*, *Pulsatilla patens*, *Scabiosa isetensis* (менее 50 особей на обследованных участках). По демографическим параметрам стареющими являются популяции *Epipactis atrorubens*, *Epipactis helleborine*, *Iris pumila*, *Aster alpinus*, *Clausia aprica*, *Pulsatilla patens*: в них преобладают процессы отмирания особей над возобновлением. Неудовлетворительным стоит признать состояние популяций *Epipactis atrorubens*,

Epipactis helleborine, *Aster alpinus*, *Clausia aprica*, *Ferula tatarica*, *Pulsatilla patens*, *Scabiosa isetensis* (табл.).

Таблица

Характеристика популяций редких видов растений (2022 год)

Представитель	Число особей, шт.	Тип популяции	Состояние популяции
1. <i>Astragalus zingeri</i> Korsh.	39	зрелая	удовлетворительное
2. <i>Cephalanthera rubra</i> Rich.	270	зрелая	удовлетворительное
3. <i>Epipactis atrorubens</i> Schult.	17	стареющая	неудовлетворительное
4. <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz	3	стареющая	неудовлетворительное
5. <i>Iris pumila</i> L.	149	стареющая	удовлетворительное
6. <i>Koeleria sclerophylla</i> P. Smirn.	500	зрелая	удовлетворительное
7. <i>Stipa pennata</i> L.	800	зрелая	удовлетворительное
8. <i>Adonis vernalis</i> L.	240	зрелая	удовлетворительное
9. <i>Anemonoides altaica</i> Holub.	600	зрелая	удовлетворительное
10. <i>Aster alpinus</i> L.	39	стареющая	неудовлетворительное
11. <i>Clausia aprica</i> Korn.-Tr.	33	стареющая	неудовлетворительное
12. <i>Ferula tatarica</i> Fisch. ex Spreng.	16	зрелая	неудовлетворительное
13. <i>Jurinea ledebourii</i> Bunge	111	зрелая	удовлетворительное
14. <i>Laser trilobum</i> Borkh	145	зрелая	удовлетворительное
15. <i>Pulsatilla patens</i> Mill.	34	стареющая	неудовлетворительное
16. <i>Scabiosa isetensis</i> L.	12	зрелая	неудовлетворительное

Учитывая данные предыдущих лет исследования, следует указать на сокращение численности особей таких представителей, как *Astragalus zingeri*, *Cephalanthera rubra*, *Epipactis helleborine*, *Iris pumila*, *Anemonoides altaica*, *Aster alpinus*, *Ferula tatarica*, *Jurinea ledebourii*, *Pulsatilla patens*, *Scabiosa isetensis*. Причиной уменьшения численности особей некоторых видов, изменения онтогенетической структуры и снижения способности к самовосстановлению чаще всего является антропогенная нагрузка.

В качестве рекомендаций по сохранению природно-территориального комплекса Сокольных гор, в том числе горы Тип-Тяв, считаем необходимым указать регламентацию рекреационной нагрузки, мониторинг лесных пожаров, прекращение отчуждения участков под инфраструктуру и строительство.

Библиографический список

1. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола : ЛАНАР, 1995. 224 с.
2. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Труды БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. Вып. 6. М. : АН СССР, 1950. С. 7–204.
3. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. 1975. № 2. С. 7–34.
4. Саксонов С. В., Ильина В. Н., Сенатор С. А. Изучение ценопопуляций редких видов растений при ведении Красной книги Самарской области // Материалы X Междунар. конф. по экологической морфологии растений, посвященной памяти И. Г. и Т. И. Серебряковых. Т. 3. / под общ. ред. В. П. Викторова. М. : МПГУ, 2019. С. 34–38.

5. Саксонов С. В., Ильина В. Н., Сенатор С. А. Региональные особенности ценопопуляционных исследований (Самарская область) // Материалы X Междунар. конф. по экологической морфологии растений, посвященной памяти И. Г. и Т. И. Серебряковых. Т. 3. / под общ. ред. В. П. Викторова. М. : МПГУ, 2019. С. 39–42.

6. Ильина В. Н., Сенатор С. А. Оценка состояния редких видов из семейства Ranunculaceae в Самарской области с учетом ценопопуляционных характеристик // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9. № 4. С. 72–79. doi: 10.17816/snv202094111

7. Features of the Organization of Populations of a Rare Species *Cephalaria uralensis* (Murr.) Schrad. ex Roem. et Schult. (Dipsacaceae, Magnoliopsida) in the Trans-Volga and Cis-Urals Regions / L. M. Abramova, V. N. Ilyina, A. N. Mustafina, O. A. Karimova // Biology Bulletin. 2019. Vol. 46. No. 10. P. 1199–1205.

8. Features of the demographic structure and the condition of populations of the rare relic *Hedysarum Gmelinii* Ledeb. (Fabaceae) in peripheral and main parts of its habitat / L. M. Abramova, V. N. Ilyina, A. E. Mitroshenkova, A. N. Mustafina, Z. H. Shigapov // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. 2020. Vol. 74. No. 5 (726). P. 385–395. doi: 10.2478/prolas-2020-0051

9. Красная книга Российской Федерации (растения) / гл. редкол.: Ю. П. Трутнев и др. Сост. Р. В. Камелин и др. М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.

10. Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений и грибов / под ред. С. А. Сенатора, С. В. Саксонова. Самара, 2017. 384 с.

ДИНАМИКА БИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ФЛОРЫ ОТВАЛОВ ШАБРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАЛЬК-МАГНЕЗИТОВОГО КАМНЯ

***Н. В. Лукина, Е. И. Филимонова, М. А. Глазырина, С. Н. Коробицина,
Т. С. Чибрик***

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б. Н. Ельцина, natalia.lukina@urfu.ru*

В работе представлено изучение восстановления флоры и растительности на разновозрастных отвалах Шабровского месторождения тальк-магнетитового камня, находящегося в Свердловской области (Средний Урал). Исследования показали, что формирование растительности идет от простых растительных группировок, представленных единичными особями сорно-рудеральных видов к лесным фитоценозам с доминированием *Pinus sylvestris* L. и *Betula pendula* Roth. Формирование лесных фитоценозов сопровождается мезофитизацией условий среды, а также увеличением биоразнообразия лесных, лугово-лесных и луговых видов. К 55–60-летнему возрасту растительные сообщества представлены в основном многолетними, анемохорными, лесными, луговыми и лугово-лесными видами, относящимися к бореальной ареалогической группе евразийского происхождения.

Ключевые слова: динамика флоры, формирование растительности, промышленные отвалы.

Нарушенные земли, и прежде всего отвалы вскрышных горных пород, в настоящее время рассматриваются как объекты для восстановления природных экосистем, а ценность этих территорий возрастает по мере восстановления биологического разнообразия, ставя проблемы регенерации флоры, растительности и экосистем в целом в ранг глобальных [1]. Восстановление растительности на таких территориях происходит крайне медленно, что связано, в первую очередь, с неблагоприятными условиями субстрата. Мониторинговые исследования трансформации растительных сообществ, особенно изучение динамики восстановления биоразнообразия на нарушенных промышленностью землях, представляют большой научный и практический интерес.

Целью наших исследований было изучение восстановления флоры и растительности в процессе самозарастания на отвалах Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня.

Шабровское месторождение тальк-магнезитового камня расположено в 25 км к югу от г. Екатеринбурга в таежной зоне (подзона южной тайги).

Климат района континентальный. Лето теплое, среднемесячная температура воздуха в июле +17 °С. Зима холодная, длится с ноября по март, среднемесячная температура воздуха в январе -15,9 °С. Среднегодовая температура воздуха +1 °С. Среднегодовое количество осадков 577 мм (по данным метеостанции г. Сысерти) [2]. Почвы в районе месторождения серые лесные. Растительность района представлена сосновыми и березовыми лесами.

Месторождение состояло из трех участков: Старая, Новая и Большая линзы. Механизированная добыча талькомагнезита на участке «Старая линза» проводилась с 1927 г. по 1977 г. открытым карьерным способом. На момент остановки добычи глубина карьера «Старая линза» составляла чуть более 50 м. Ультраосновные породы, слагающие продуктивное тело месторождения «Старая линза», были представлены антигоритовыми серпентинитами и тальк-карбонатными породами. Пустая порода и вскрыша складировались в платообразные террасированные отвалы, высотой до 50 м и площадью около 1 км².

Мониторинговые исследования восстановления флоры и растительности проводили с 1980 по 2020 гг. на разновозрастных участках отвалов Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня, расположенных рядом с карьером «Старая линза». Обследование отвалов проводилось детально-маршрутным методом с описанием растительности общепринятыми геоботаническими методами [3].

Возраст отвалов варьировал от 2–3 до 40 и 70 лет. Породы, складированные в отвалы сильнокаменистые (каменистость 50–90%). На более молодых 2–3 – 10-летних отвалах наряду с крупноглыбистыми породами (до 70%) присутствовали вскрышные породы, представленные суглинками, что создало более благоприятные условия для произрастания растений. Агрохимическая характеристика субстратов отвалов показала, что реакция среды (рН) слабощелочная, обеспеченность азотом и доступными фосфатами очень низкая,

обменным калием – средняя и высокая. В породах повышенное содержание Mn, Cr, Cu, Mo, Co, Ni, V, Pb и др. [4].

Исследования показали, что уже через 2–3 года после отсыпки отвалов начинает появляться пионерная растительность, представленная единичными особями *Lepidium ruderales* L., *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort., *Plantago media* L., *Tussilago farfara* L. и др. (всего 9 видов растений), общее проективное покрытие растениями (ОПП) менее 1%. На отвалах 5- и 10-летнего возраста, сложенных верхними горизонтами вскрышных пород в более благоприятных условиях ОПП растительностью варьировало от 20% до 40%. В растительном покрове появились древесные виды, представленные самосевом *Betula pendula* Roth и *Pinus sylvestris* L. В травянистом ярусе доминировали *T. farfara*, *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., *Trifolium repens* L. Участки отвалов 20- и 30-летнего возраста, сложенные пустыми сильнокаменистыми породами с более глубоких горизонтов карьера, зарастали, в основном, древесной растительностью: *P. sylvestris* (от 3–4 м высотой – на более молодых, до 5–6 м на более старых участках), *B. pendula* (до 1,0–1,5 м высотой), *Salix caprea* L., *Juniperus communis* L. В сильно разреженном травянистом ярусе (ОПП от 5% до 25%) преобладали: *P. distans* (sp), группами встречались *T. repens*, *T. farfara* и др.

На вскрышных породах через 40 лет после прекращения добычи тальк-магнезитового камня сформировался смешанный лес с доминированием *P. sylvestris* (cop₁) (высота особей 10–14 м), *B. pendula* (cop₂), *S. caprea*, *Salix myrsinifolia* Salisb. (sp). Сомкнутость крон 0,6–0,7. В подлеске единично встречались *Prunus padus* L. и *Sorbus aucuparia* L. В разреженном травяно-кустарничковом ярусе (ОПП 30–40 %) доминировали *Pimpinella saxifraga* L., *Galium mollugo* L. (cop₁), *Trifolium medium* L., *Festuca rubra* L. (sp gr–cop₁), *T. repens*, *P. media* (sp), *Orthilia secunda* (L.) House (sp gr) и др.

К 2020 г. на разновозрастных террасированных участках отвала Шабровского тальк-магнезитового месторождения, сформировались лесные фитоценозы с доминированием *P. sylvestris* (cop₁–cop₂) и *B. pendula* (cop₁). Высота древостоя достигала 20 м, сомкнутость крон – 0,45–0,75. В подлеске встречались *Populus tremula* L., *S. caprea*, *S. myrsinifolia* и другие виды рода *Salix*. Были отмечены всходы *P. sylvestris* и *Acer negundo* L. ОПП травяно-кустарничкового яруса варьировало на разных участках отвала от 1–5% (на крупноглыбистом субстрате) до 50–70% (на вскрышной породе).

Оценка восстановления фиторазнообразия в растительных сообществах, формирующихся на отвалах Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня показала, что за 60-летний период наблюдался устойчивый рост флористического богатства от 9 видов на 2–3 летних отвалах до 85 видов на 55–60-летних отвалах.

Анализ динамики биоэкологической структуры флоры показал, что по продолжительности жизни подавляющее большинство видов, произрастающих на территории отвалов, являются многолетними: их доля с увеличением возраста растительных сообществ росла от 77,8% до 94,1%.

Анализ динамики экологической структуры флоры выявил тенденцию мезофитизации условий среды. Доля видов растений-мезофитов за исследуемый период увеличилась от 55,6% до 71,8%. К 55–60-летнему возрасту в составе растительных сообществ появились виды мезогигрофитных и гигрофитных местообитаний (рис. 1.). Их доля составила 17,6%.

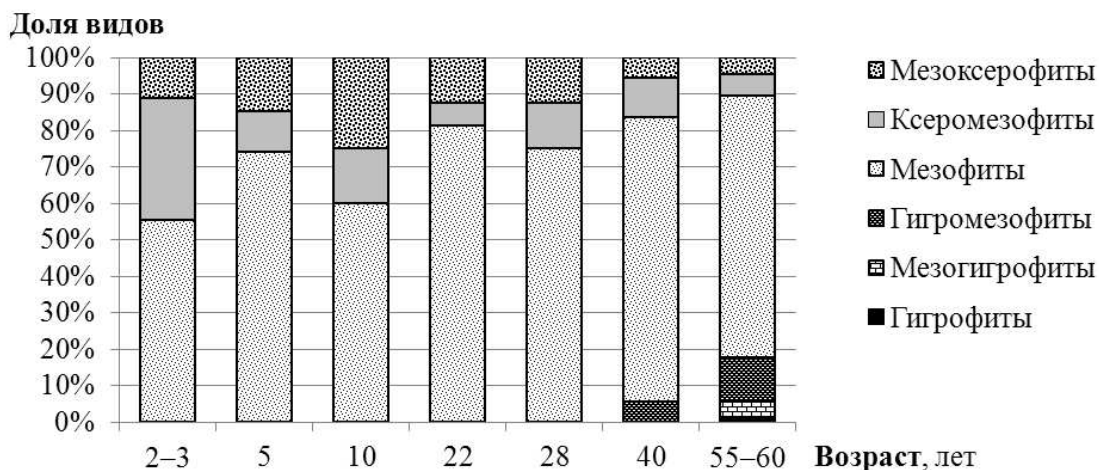


Рис. 1. Динамика структуры экологического спектра флоры разновозрастных отвалов Шабровского тальк-магнезитового месторождения

Изучение динамики биоморф показало, что с увеличением возраста растительных сообществ, происходило увеличение числа деревьев (от 2 до 12 видов) и кустарников (от 1 до 12). К 55–60-летнему возрасту в составе растительных сообществ появились кустарнички и полукустарнички (1 и 8 видов соответственно), что свидетельствует о формировании пространственной структуры лесных фитоценозов. В исследованных растительных сообществах с увеличением их возраста происходил рост числа стержнекорневых (от 6 до 16) и короткокорневищных (от 1 до 19) травянистых поликарпиков.

В ценотической структуре флористического состава растительных сообществ наблюдалось увеличение спектра ценотических групп, которое сопровождалось значительным ростом числа и доли лесных (от 2 до 31) и луговых (от 2 до 17) видов (рис. 2). По способу распространения плодов и семян в растительных сообществах отвалов преобладали анемохоры, зоохоры и автохоры.

Ареалогическая структура флоры формируется, в основном, за счет бореальных видов евразийского происхождения.

Таким образом, анализ динамики биоэкологической структуры флоры отвалов Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня показал, что формирование флоры идет за счет многолетних, анемохорных, мезофитных лесных и луговых видов относящихся, в основном, к бореальной ареалогической группе евразийского происхождения.

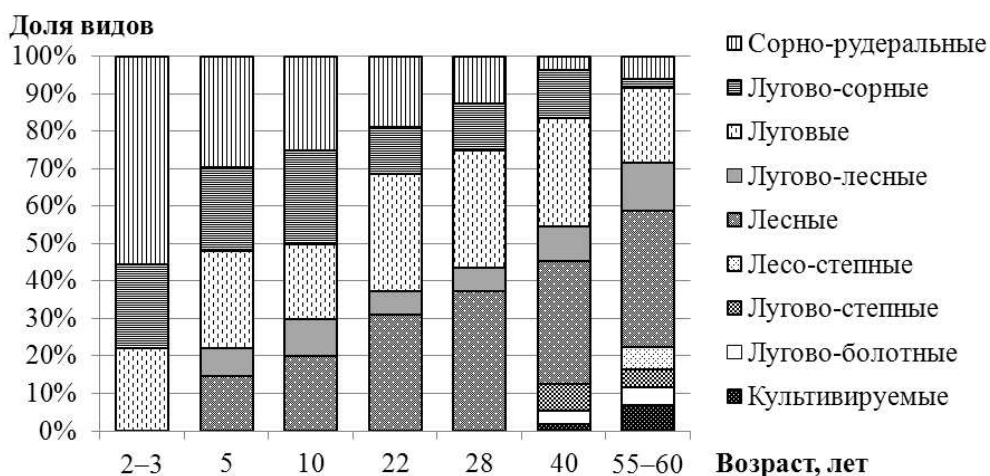


Рис. 2. Динамика структуры ценотического спектра флоры разновозрастных отвалов Шабровского тальк-магнезитового месторождения

Восстановление растительности на отвалах, расположенных на участке «Старая линза» Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня, происходит медленно от простых растительных группировок с преобладанием сорно-рудеральных видов к лесным фитоценозам с доминированием *Pinus sylvestris* и *Betula pendula*. На формирование растительности большое влияние оказывает гранулометрический (каменистость) и агрохимический состав субстрата.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема FEUZ-2023-0019.

Библиографический список

1. Куприянов А. Н., Манаков Ю. А., Баранник Л. П. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2010. 160 с.
2. Шакиров А. В. Физико-географическое районирование Урала. Екатеринбург : УрО РАН, 2011. 617 с.
3. Полевая геоботаника: в 5 т. М.; Л. : Наука, 1964. Т. 3. 530 с.
4. Махонина Г. И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2003. 355 с.

ФИТОРЕМЕДИАЦИОННЫЕ СПОСОБНОСТИ РАСТЕНИЙ *LAPPULA SQUARROSA* В УРБОЭКОСИСТЕМАХ

Г. Г. Бускунова, О. В. Киреева, Л. И. Карасова
Сибайский институт (филиал) «Уфимский университет
науки и технологий», gulsina_busk@mail.ru

В статье представлены результаты исследований содержания и накопления Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cd, Co, Pb в почве и в надземных и подземных частях *Lappula squarrosa* произрастающего в условиях г. Сибай Республики Башкортостан. На основе суммарной величины индекса аккумуляции, выяв-

лено, что *Lappula squarrosa* имеет особенность накапливать тяжелые металлы равномерно, во всех органах. Следовательно, данное растение можно использовать для фиторемедиации – очистки почв от тяжелых металлов.

Ключевые слова: загрязнение, тяжелые металлы, предельно-допустимая концентрация, индекс аккумуляции, биогеохимическая активность, акропетальный коэффициент.

На территории г. Сибай Республики Башкортостан основными источниками загрязнения окружающей среды являются автотранспорт, горно-обогатительный комбинат, коммунально-бытовое хозяйство, ТЭЦ. Растения активно поглощают тяжелые металлы как воздушным, так и корневым путем. Применение биологических методов восстановления и очищения почвы обеспечивает как экологическую безопасность, так и экономическую выгоду. Сорбционная способность растений, направленная на реабилитацию почв, зависит не только от физических и химических свойств металлов-загрязнителей, но и от физиолого-биохимических приспособлений растений. Изучение методов очистки почв от тяжелых металлов (ТМ) с использованием растений – фиторемедиатов является актуальным.

Объектом наших исследований явились почва и липучка обыкновенная (*Lappula squarrosa*) – двулетнее сорное растение с прямым, в верхней части разветвленным стеблем. *Lappula squarrosa* обитатель сорных мест, полей, обочин дорог, залежей, вытоптаных скотом степей, обрывов и галечников рек. На территории города встречается повсеместно.

Цель работы – проанализировать особенности аккумуляции тяжелых металлов растениями *Lappula squarrosa* произрастающих на территории г. Сибай Республики Башкортостан.

Растительные образцы и пробы почвы отбирали одновременно летом 2021 г. Отбор почв для исследований проводили согласно ГОСТ Р 58595-2019 [1]. Почву отбирали лопатой в 3-х повторностях из корнеобитаемого слоя. Глубина отбора почвы составляла 10–15 см. Растения собранные в фазе цветения были разделены на части: цветки, листья, стебли, корни. Образцы растений высушивали до воздушно-сухого состояния [2]. Отдельные части растений размалывали на мельнице до мелких частиц (0,1 мм). Измельченный материал упаковали в конверты, которые были маркированы и отправлены в химическую лабораторию для определения содержания в них тяжелых металлов. Содержание Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cd, Co, Pb в почвенных и растительных образцах определяли атомно-абсорбционным методом в центральной лаборатории Сибайской обогатительной фабрики ОАО «УГОК».

Загрязненность почвенного покрова подвижными формами тяжелых металлов оценивали по кратности превышения предельно-допустимых концентрации (ПДК): Cu – 3 мг/кг, Zn – 23 мг/кг, Ni – 4 мг/кг, Mn – 140 мг/кг, Co – 5 мг/кг, Pb – 6 мг/кг [3] и фона Cd – 0,3 мг/кг, Fe – 3800 мг/кг.

Уровень загрязнения почв оценивали по суммарному показателю загрязнения (Z_c), представляющий собой сумму коэффициентов концентраций тяжелых металлов который вычисляется по формуле:

$$Z_c = \sum K_c \cdot (n-1),$$

где K_c – коэффициент концентрации тяжелых металлов; n – число оцениваемых ингредиентов.

Коэффициент концентрации тяжелых металлов определили по формуле:

$$K_c = C/C_f,$$

где C – фактическая концентрация тяжелых металлов в почве, мг/кг; C_f – фоновая концентрация тяжелых металлов в почве, мг/кг.

Шкала значений, позволяющих охарактеризовать категории загрязненности почвенного покрова по степени загрязнения: при $Z_c \leq 16$ – допустимая; при $16 \leq Z_c \leq 32$ – умеренно опасная; при $32 \leq Z_c \leq 128$ – опасная; $Z_c \geq 128$ – чрезвычайно опасная [4].

Градации оценки уровня загрязненности и экологической обстановки территории по суммарному показателю Z_c : $Z_c \leq 8$ – уровень загрязнения – минимальный, экологическая обстановка – относительно удовлетворительная; при $8 \leq Z_c \leq 16$ – уровень загрязнения – слабый, экологическая обстановка – относительно удовлетворительная; при $16 \leq Z_c \leq 32$ – уровень загрязнения – средний, экологическая обстановка – напряженная; при $32 \leq Z_c \leq 128$ – уровень загрязнения – высокий, экологическая обстановка – критическая; $Z_c \geq 128$ – уровень загрязнения – максимальный, экологическая обстановка катастрофическая [5].

При оценке чистоты растительного сырья использовали временный максимально допустимый уровень (ВМДУ): Cu – 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 [6].

Показателем интенсивности поглощения ТМ растениями является индекс аккумуляции (I_A). Индекс аккумуляции показывает актуальную интенсивность поглощения и представляет собой отношение концентрации ТМ в воздушно-сухой массе растений к концентрации подвижных форм в почве. Ряд биологического поглощения показывает, что если величина $I_A < 0,1$ то металл относится к элементам слабого и очень слабого захвата, если $1 > I_A > 0,1$ – к элементам среднего захвата, если $10 > I_A > 1$ – к элементам сильного накопления, $I_A > 10$ – к элементам энергичного накопления [7].

Для количественного выражения общей способности вида к концентрации элементов рассчитывается биогеохимическая активность вида (БХА), представляющую собой суммарную величину, получающуюся при сложении I_A отдельных элементов [8, 9].

Для выявления особенностей распределения ТМ по органам растений был рассчитан акропетальный коэффициент (АК) как отношение содержания ТМ в корневой системе к содержанию его в надземной фитомассе. Если $AK < 1$, то металлы *распределены по* базипетальному типу, если $AK > 1$ – по акропетальному типу [9, 10]. Для выяснения изменчивости содержания ТМ в органах растений был вычислен коэффициент вариации (C_v , %). Если C_v до

10% – низкая; от 11% до 20% – средняя; от 21% и выше высокая изменчивость признаков [11].

По степени загрязнения (Z_c) изученные почвы относились к категории допустимой ($Z_c = 7,28$). Уровень загрязнения – минимальный, экологическая обстановка относительно удовлетворительная.

Коэффициенты вариации тяжелых металлов в органах растений уменьшались в ряду: Cd (52,2%) → Pb (43,19%) → Fe (40,3%) → Mn (26,2%) → Zn (20,7%) → Co (19,1%) → Cu (17,9%) → Ni (14,3%). Наиболее вариабельным элементом в растениях *Lappula squarrosa* оказался кадмий.

На рисунке 1 видно, что концентрации Cu, Mn, Pb в растениях *Lappula squarrosa* не превышали ВМДУ.

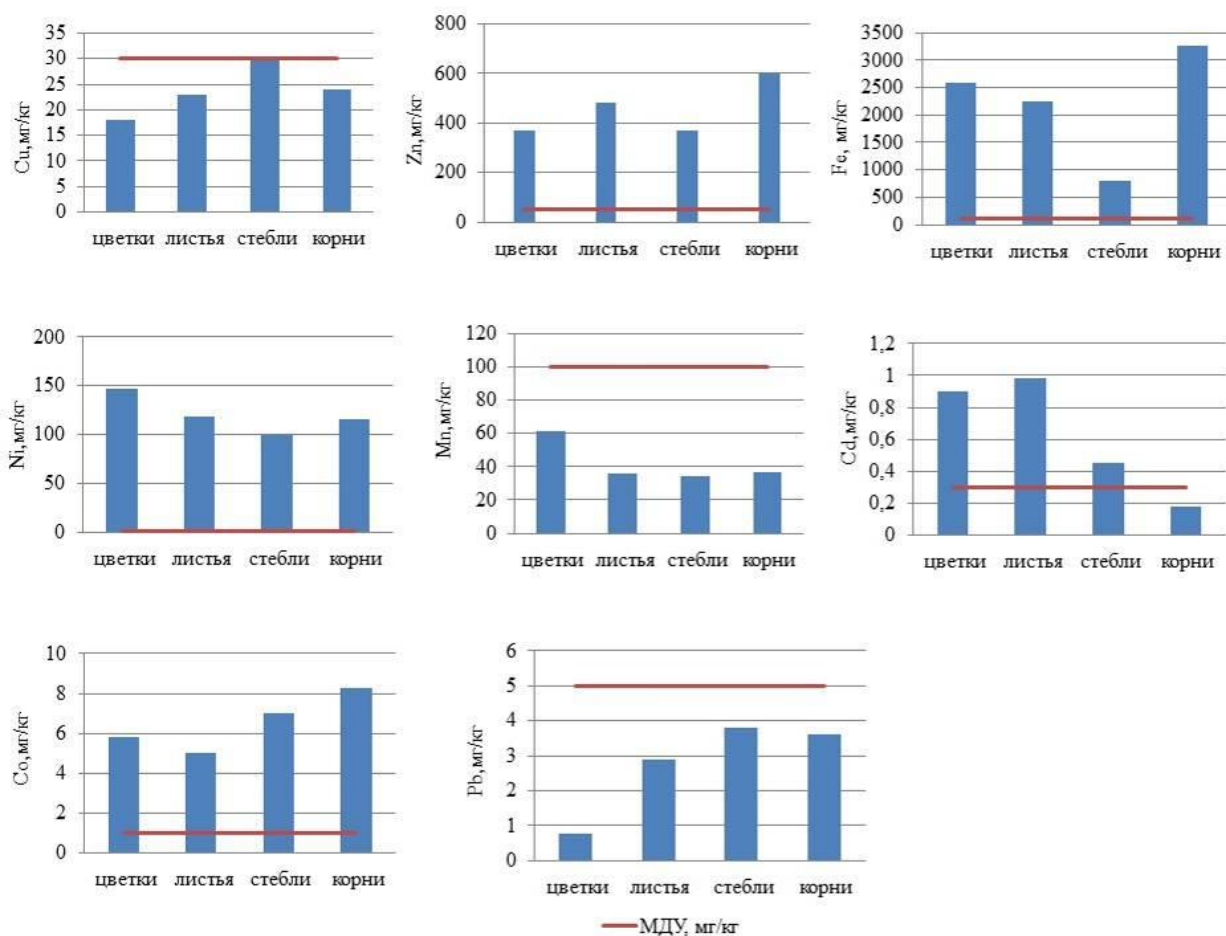


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в растениях *Lappula squarrosa*

Отмечены превышения ВМДУ во всех органах *Lappula squarrosa*: Zn 7,42–12 раз, Fe 8,07–32,65 раза, Ni 99–147 раз, Co 5–8,3 раз. Концентрации Cd превышают норму в надземной части вида в 3–15 раз. Расчеты индекса аккумуляции в растениях *Lappula squarrosa* показали, что Ni (30,06), Zn (19,8) отнеслись к группе элементов энергичного накопления, Cu (7,9), Cd (1,35), Co (1,30), Pd (1,67) – к группе сильного накопления, Fe (0,58), Mn (0,30) – к группе среднего накопления.

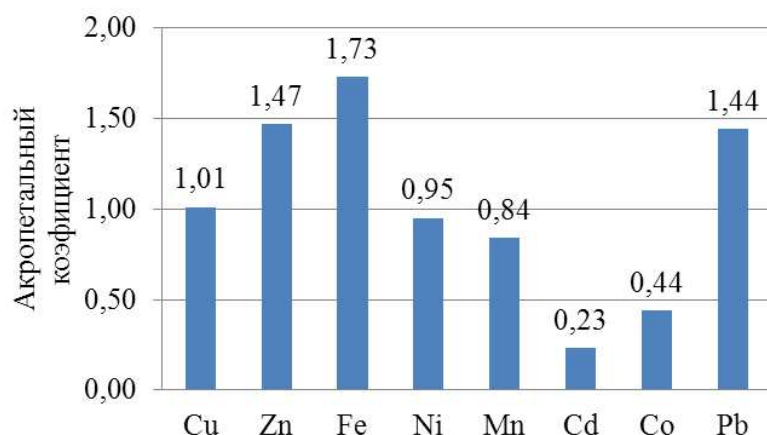


Рис. 2. Акропетальный коэффициент в растениях *Lappula squarrosa*

В растениях *Lappula squarrosa* Zn, Fe, Pb распределены по акропетальному типу, т. е. загрязнение вида тяжелыми металлами происходит через корневую систему. Ni, Mn, Cd, Co распределены по базипетальному типу – загрязнение данными металлами осуществляется фолиарно (рис. 2).

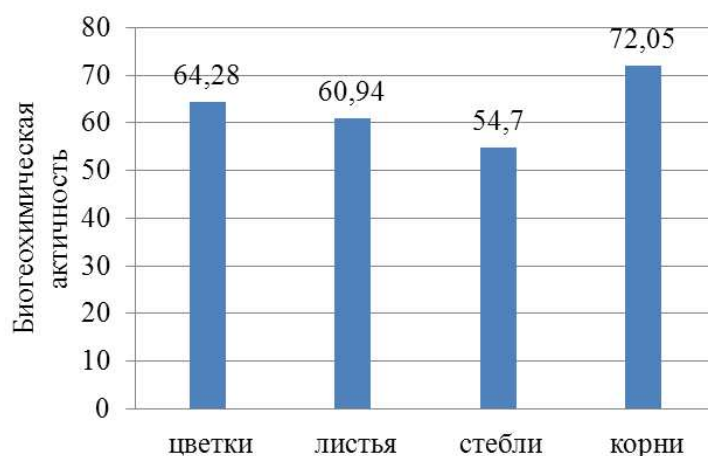


Рис. 3. Биогеохимическая активность тяжелых металлов в органах растения *Lappula squarrosa*

Биогеохимическая активность в растениях *Lappula squarrosa* изменилась от 64,28 до 72,05 (рис. 3). Это говорит о том, что липучка обыкновенная имеет способность накапливать тяжелые металлы равномерно, во всех органах растения. Следовательно, данное растение можно использовать для фиторемедиации – очистки почв от тяжелых металлов.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 58595-2019 Почвы. Отбор проб. М. : Стандартинформ, 2019. 8 с.
2. Государственная фармакопея СССР: Вып. 2 Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье / МЗ СССР, XI изд., доп. М. : Медицина, 1989. 400 с.
3. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.

4. Геохимия окружающей среды / А. И. Ачкасов, И. Л. Башаркевич, Т. Л. Онищенко, Л. Н. Павлова, Б. А. Ревич, Ю. Е. Саэт, С. Ш. Саркисян, Р. С. Смирнова, Н. Я. Трефилова, Е. П. Янин М. : Недра, 1990. 335 с.
5. Завальцева О. А. Основы биогеохимии. Ульяновск : УлГУ, 2012. 71 с.
6. Временный максимальный допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавок. Утвержден Главным управлением ветеринарии Госагропрома СССР 07.08.87 г. №128-4/281. М., 1987.
7. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М. : Высшая школа, 1975. 342 с.
8. Кириенко Н. Н., Терлеева П. С., Первышина Г. Г. Влияние автотранспортного загрязнения биотопа на биохимическую активность // Вестник КрасГАУ. 2009. № 7. С. 70.
9. Сибгатуллина М. Ш., Александрова А. Б., Иванов Д. В., Валиев В. С. Оценка биогеохимического состояния травянистых растений и почв Волжско-камского заповедника // Ученые записки Казанского университета. Т. 156, кн. 2. Естественные науки. 2014. С. 87–102.
10. Бускунова Г. Г., Ягафарова Г. А. Тяжелые металлы в системе «почва – дикорастущее лекарственное растение» (на примере *Cichorium intybus* L.) // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11. № 1. С. 36–42.
11. Зайцев Г. Н. Методика биометрические расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М. : Наука, 1973. 256 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИШАЙНИКА *HYROGYMNINGIA PHYSODES* В КАЧЕСТВЕ ИНДИКАТОРА ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРИ ДОБЫЧЕ БОКСИТОВ КАРЬЕРНЫМ СПОСОБОМ

Т. Н. Пыстина

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, t.pyстина@ib.komisc.ru*

В статье представлен многолетний опыт (2002–2017 гг.) использования эпифитного лишайника *Hurogymnia physodes* (гипогимния вздутая) для оценки качества атмосферного воздуха в районе разработки Средне-Тиманского бокситового рудника (Республика Коми), где основным загрязняющим компонентом является пыль, образующаяся практически на всех этапах производственных работ. Определены наиболее чувствительные к пылевому загрязнению параметры, характеризующие жизненное состояние талломов лишайника и его покров. Сделан вывод об адаптации вида к хроническому загрязнению среды пылевыми выпадениями.

Ключевые слова: эпифитные лишайники, *Hurogymnia physodes*, бокситовый рудник, пылевое загрязнение, мониторинг.

В качестве биоиндикаторов загрязнения атмосферного воздуха часто используются эпифитные лишайники, поскольку их жизненные процессы практически полностью зависят от количества осадков и состава воздушной среды [1–4]. Особенно низка их толерантность к кислотообразующим

газообразным поллютантам [5, 6]. Работы, посвященные изучению влияния пылевых выпадений на лишайники, малочисленны [7–11].

С 1998 г. на Средне-Тиманском бокситовом руднике (СТБР), расположенном на северо-западе Республики Коми, ведется добыча руды открытым способом. При карьерном способе разработки месторождения в воздушную среду поступает значительное количество пыли, образующейся при проведении взрывных работ, транспортировке, хранении, обработке и погрузке руды на центральном шихтовальном складе, пылении с поверхности отвалов пустой породы и дорожного полотна. Пыль содержит преимущественно оксиды Al, Fe и Si, а также тяжелые металлы (Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Mn, Sr, Co, Ti и др.) [12]. Поллютантами являются также газообразные вещества и твердые частицы, образующиеся при работе спецтехники, автомобильного и железнодорожного транспорта.

В зоне влияния СТБР с 2002 по 2017 годы проводили экологический мониторинг с применением методов лишеноиндикации. Цель работы заключалась в изучении состояния эпифитных лишайников в зоне воздействия выбросов бокситового рудника.

Мониторинг осуществляли на четырех пунктах постоянных наблюдений (ППН) площадью 300 м² каждый. ППН закладывали в первые годы наблюдений (2002–2003 гг.) согласно методике ICP Forests [13] в коренных ельниках зеленомошных на разном удалении от производственных объектов в трех зонах: сильного (ППН 6), среднего загрязнения (ППН 1, ППН 11) и условно фоновой (ППН 15). ППН 6 примыкает к шихтовальному складу, автомобильной и железной дороге. ППН 1 и ППН 11 расположены на границах с действующими карьерами 1 и 2. Условно фоновый ППН 15 в настоящее время находится в 3,5 км от северной границы карьера 2; в период закладки в 2003 г. располагался в 8,5 км от места начала разработки месторождения.

В качестве модельного был выбран часто используемый при оценке атмосферного загрязнения эпифитный лишайник *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. [14, 15]. Жизненное состояние талломов гипогимнии оценивали по следующим признакам: размеры и форма талломов, изменение характера поверхности и типичной окраски, наличие хлорозов и некрозов и их локализация, поражение лишенофильными грибами. Измерение площади некрозов проводили с помощью мерной сеточки под биноклем при увеличении 8x2 [16]. Для определения проективного покрытия лишайником стволов и ветвей деревьев ели была использована 7-балльная шкала [17].

За период наблюдений на всех ППН, за исключением условно фонового, зафиксировано заметное ухудшение состояния талломов гипогимнии: хлороз и некроз центральных участков, отмирание кончиков лопастей, изменение характеристик верхнего корового слоя (налет красной пыли, побурение, появление бугристости, растрескивание), поражение лишенофильными грибами. В случае сильного хронического загрязнения - уменьшение размеров талломов, формирование укороченных и

деформированных лопастей, развитие лобулей, угнетение вегетативного размножения.

Из-за высокого уровня загрязнения, сохраняющегося на протяжении всего периода мониторинга, наиболее плохие показатели витальности талломов были на ППН 6 (рис. 1). Максимальное ухудшение наблюдалось в 2010 г., когда площадь отмерших участков достигла почти 40%, однако, начиная с 2011 г., доля некрозов стала постепенно снижаться и в последние годы наблюдений не превышала 30%. В популяции стали преобладать мелкие компактные талломы с укороченными лопастями, бугристым и утолщенным верхним коровым слоем, преимущественно точечными некрозами на поверхности талломов и кончиках лопастей. У немногочисленных старых талломов отмечалось отмирание центральных участков, узкие и скрученные лопасти, на которых развились не типичные для этого вида выросты (папиллы и лобули).

На участках со средним уровнем загрязнения (ППН 1, ППН 11), патоморфологические изменения талломов *H. physodes* проявились не так сильно. Для этих ППН зафиксирована сходная реакция лишайника на возрастание или снижение выбросов. Так, ППН 1, примыкающий с севера к карьеру 2, испытывал наиболее сильное воздействие в начальный период эксплуатационных работ, что стало причиной постепенного увеличения некротических поражений талломов лишайника до 10%. В дальнейшем, в связи с перемещением работ на другие участки карьера, показатели жизненного состояния постепенно стабилизировались, а в последние годы даже несколько улучшились. Как и на ППН 6, начали формироваться более устойчивые к загрязнению мелкие талломы с укороченными лопастями, которые к концу наблюдений преобладали в популяции.

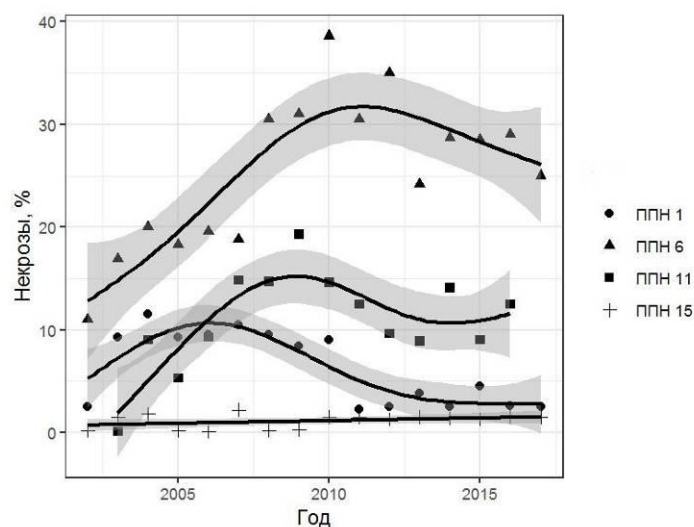


Рис. 1. Изменение площади некрозов (%) верхнего корового слоя талломов лишайника *Hurogymnia physodes*. Линии отображают регрессионные зависимости, полученные методом GAM, на основе сплайнов.

Серым цветом выделен 95% доверительный интервал

Аналогичная ситуация наблюдалась на ППН 11, расположенном с западной стороны карьера 1. После прекращения добычи руды в карьере, эпифитный лишайниковый покров, в сравнении с ППН 1, восстанавливался очень медленно. Объясняется это, прежде всего, изменением среды обитания, а именно вывалом деревьев как на границе с карьером, так и на самой пробной площади. В последние годы стали отмечаться талломы меньших размеров, но формирования компактных форм, устойчивых к длительным стрессовым воздействиям, не наблюдалось. На условно фоновой площадке ППН 15 в течение всего периода мониторинга морфологические характеристики талломов лишайника оставались постоянными.

Данные по изменению проективного покрытия лишайника *H. physodes* коры ели под влиянием пыли подтверждают закономерности, выявленные при изучении морфологических повреждений его талломов (рис. 2).

В зоне сильного загрязнения (ППН 6) на начальном этапе наблюдений массовое отмирание талломов способствовало резкому снижению проективного покрытия. Минимума показатель достиг в 2010 г., а с 2011 г. наметилась положительная динамика за счет формирования компактных талломов, более адаптированных к пылевому загрязнению. На ППН со средним уровнем загрязнения уменьшение проективного покрытия происходило постепенно; в 2011–2012 гг. обозначилась тенденция к его восстановлению. На условно фоновой территории анализируемый показатель стабилен все 16 лет наблюдений.

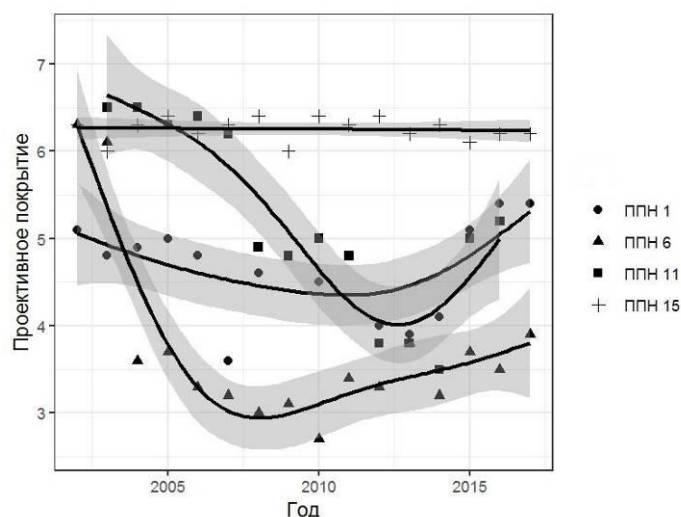


Рис. 2. Изменение проективного покрытия лишайника *Hypogymnia physodes* на стволах и ветвях *Picea obovata*. Обозначения как на рисунке 1

Таким образом, на участках, примыкающих к производственным объектам СТБР, зафиксированы снижение проективного покрытия лишайника *H. physodes* и многочисленные морфологические повреждения его талломов. Наиболее заметные изменения были отмечены в первые годы наблюдений, в 2011–2012 гг. анализируемые показатели стали стабилизироваться, а затем и улучшаться. На наш взгляд, связано это с

адаптацией лишайника к хроническому загрязнению среды пылью, образующейся в результате промышленной деятельности по добыче бокситов.

Автор благодарен А. Б. Новаковскому за помощь в построении графиков, Е. Г. Кузнецовой за помощь в обсуждении полученных результатов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Библиографический список

1. Lichens as bioindicators of air quality near a municipal solid waste incineration plant in central Italy / S. Loppi, E. Putorti, V. De Dominicis, A. Barbaro // *Allionia*. 1995. Vol. 33. P. 121–129.
2. Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М. : Изд-во Научный Мир, 2002. 336 с.
3. Heavy metal accumulation in the lichen *Evernia prunastri* transplanted at urban, rural and industrial sites in Central Italy / M. E. Conti, M. Tudino, J. Stripeikis, G. Cecchetti // *J. Atm. Chem.* 2004. Vol. 49. P. 83–94.
4. Comparison of response of moss, lichens and attic dust to geology and atmospheric pollution from copper mine / B. Balabanova, T. Stafilov, R. Šajn, K. Vačeva // *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2014. No. 11. P. 517–528. doi: 10.1007/s13762-013-0262-8
5. The effect of simulated acid rain on surface morphology and n-alkane composition of *Pseudevernia furfuracea* / R. Piervittori, L. Usai, F. Alessio, M. Maffei // *Lichenologist*. 1997. Vol. 29. P. 191–198.
6. Van Dobben H. F., ter Braak C. J. F. Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales // *Lichenologist*. 1999. Vol. 31. P. 27–39.
7. Фадеева М. А. Мониторинг состояния воздушной среды в районе Костомукшского горно-обогатительного комбината (КГОКа) с использованием лишайников // Биологические аспекты мониторинга лесных экосистем Северо-Запада России. Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2001. С. 209–224.
8. Biological effects of airborne pollutants released during cement production assessed with lichens (SW Slovakia) / L. Paoli, A. Guttová, A. Grassi, A. Lackovičová, D. Senko, S. Loppi // *Ecological Indicators*. 2014. Vol. 40. P. 127–135.
9. Degtjarenko P., Marmor L., Randle T. Changes in bryophyte and lichen communities on Scots pines along an alkaline dust pollution gradient // *Environ. Sci. Pollut. R.* 2016. Vol. 23. P. 17413–17425. doi:10.1007/s11356-016-6933-5
10. Functional traits of epiphytic lichens respond to alkaline dust pollution / P. Degtjarenko, P. Matos, L. Marmor, C. Branquinho, T. Randle // *Fungal Ecol.* 2018. Vol. 36. P. 81–88. doi: 10.1016/j.funeco.2018.08.006
11. Реакция лишайников на загрязнение среды при добыче бокситовой руды в таёжной зоне / Т. К. Головкин, М. А. Шелякин, И. Г. Захожий, Г. Н. Табаленкова, Т. Н. Пыстина // *Теоретическая и прикладная экология*. 2018. № 2. С. 44–53. doi:10.25750/1995-4301-2018-2-044
12. Исследования экологической безопасности и мониторинг воздействия источников загрязнения на территории Средне-Тиманского бокситового рудника ОАО «Боксит Тимана» / О. В. Афанасенко, А. В. Бармин, М. А. Потапова, В. Н. Землянский // *Известия Коми научного центра УРО РАН*. 2010. № 2. С. 44–47.
13. ICP Forests manual. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, 4th edition. Edited in

1997 by the Programme Coordination Centre Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH). Hamburg, Germany. 1997.

14. Михайлова И. Н., Кшняев И. А. Содержание тяжелых металлов в талломах лишайника *Hypogymnia physodes*: источники гетерогенности // Сибирский экологический журнал. 2012. Т. 19. № 3. С. 423–428.

15. Королева Ю. В., Ревунков В. А. Содержание микроэлементов в лишайнике *Hypogymnia physodes* в лесных массивах Калининградской области // Вестник Балтийского федерального ун-та имени И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2016. № 1. С. 85–94.

16. Малышева Н. В. Об экологической патоморфологии лишайников в окрестностях Санкт-Петербурга // Новости систематики низших растений. 1995. Т. 30. С. 78–85.

17. Kauppi M., Halonen P. Lichens as indicators of air pollution in Oulu, northern Finland // Annal. Bot. Fenn. 1992. Vol. 29. P. 1–9.

О ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕТРОПАВЛОВСКОГО ПАРКА (г. ЯРОСЛАВЛЬ)

Г. В. Кондакова, А. М. Петров

*Ярославский государственный университет имени П. Г. Демидова,
gvkondakova@mail.ru*

В статье представлены результаты лихенологических исследований, проведенных впервые в Петропавловском парке г. Ярославля. Изучено видовое разнообразие, спектры экобиоморф и эколого-субстратных групп, частота встречаемости и флористическое сходство видов на различных древесных породах. По полученным данным проведена оценка состояния и степень антропогенной трансформации лишайникового покрова и паркового сообщества.

Ключевые слова: биоразнообразие, лишайники, ацидофиты, нитрофиты, редкий вид, загрязнение воздушной среды, лихеноиндикация.

Парки являются важным элементом зеленых зон крупных городов и населенных пунктов, выполняя эстетические, санитарно-гигиенические, рекреационные, средообразующие, исторические функции. На состояние парковых сообществ влияют многочисленные антропогенные факторы, в первую очередь загрязнение окружающей среды выбросами промышленных предприятий и автотранспорта, а также интенсивная рекреация. При проведении биоиндикационных исследований в качестве индикаторов загрязнения воздушной среды часто используют лишайники, так как они чувствительны к различным поллютантам в силу своих биологических особенностей [1]. Происходящие качественные и количественные изменения лихенобиоты, такие как видовое разнообразие, спектры экобиоморф и эколого-субстратных групп, частота встречаемости видов и другие, можно использовать в качестве критериев антропогенного воздействия на территорию.

Целью данной работы было изучение лихенобиоты Петропавловского парка (ПП), расположенного в Красноперекопском районе г. Ярославля, и

оценка антропогенного воздействия на парковое сообщество по состоянию лишайникового покрова. ПП – это старейший парк петровской эпохи, основу зеленой зоны которого составляют вековые дубы, липы, клены и тополя. Самые молодые насаждения – это вязы, ясени, березы, по берегам прудов ивы, встречаются хвойные породы. Парк круглогодично используется населением для отдыха и занятий спортом. До настоящего времени лишенологические исследования на территории ПП не проводились.

Сбор материала проводили маршрутным методом в 2019–2021 гг. Маршруты выбирали с целью охвата наибольшего количества экотопов. Обследовали различные субстраты: живые деревья, валеж, пни, почву. Камеральную обработку собранных образцов осуществляли с помощью общепринятых методик [2]. Номенклатура видов дана согласно сводке «Список лишенофлоры России» [3] с учетом современных таксономических и номенклатурных изменений [4]. Авторы всех таксонов приведены в соответствии с *Authors of fungal names, version 2* [5].

Для оценки сходства видового состава лишайников на различных древесных породах использовали коэффициент флористического сходства Жаккара (K_j): $K_j = c / (a + b - c)$, где a и b – число видов в первом и втором описаниях, c – число общих видов для этой пары описаний. Коэффициент встречаемости (R) рассчитывали по формуле: $R = (a \times 100) / N$, где a – число субстратов, на которых данный вид встречается, N – общее число субстратов. Значения частоты встречаемости указаны по [6]: I – единично, II – редко (2–20%), III – обычно (21–60%), IV – часто (> 61%). Экологические группы по отношению к кислотности субстрата приведены по данным литературы: А – ацидофитный вид, N – нитрофитный вид, I – индифференты, к которым отнесены неявные ацидофиты и нитрофиты [7, 8].

В результате проведенных исследований идентифицировано 14 видов лишайников из 11 родов и 6 семейств. Наибольшую долю составили семейства *Parmeliaceae* (43%) и *Physciaceae* (29%) (рис.), которые отличаются высокими рангами в спектрах ведущих семейств большинства регионов РФ [9].

Выявленные виды относятся к четырем экобиоморфам: листоватые (58%), кустистые (21%), чешуйчато-кустистые (7%) и накипные (14%). Среди эколого-субстратных групп преобладают эпифито-эпиксилы, кроме них присутствуют эпифиты и эврисубстратные виды (табл.). Нами не обнаружена группа облигатных эпигейдов, что является результатом рекреационного воздействия на почву (вытаптывание, разведение костров, захламление) и её задернением.

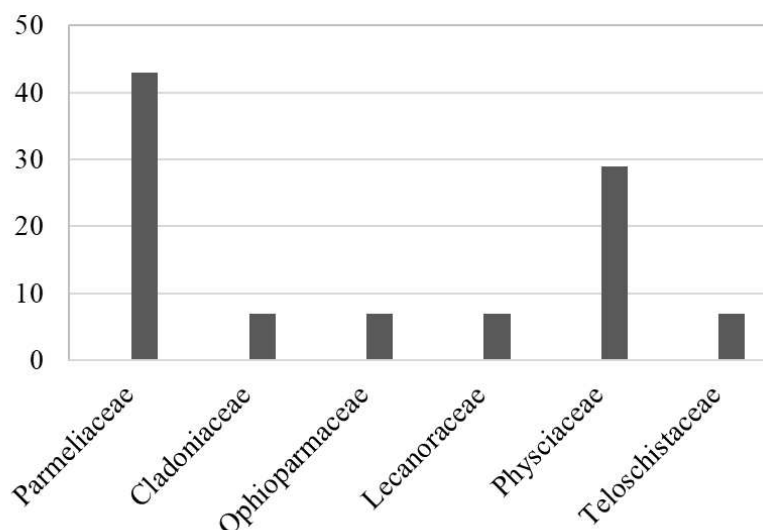


Рис. Семейственный спектр выявленной лишенобиоты парка, %

Таблица

Общая характеристика лишенобиоты Петропавловского парка

Название вида	Эколого-субстратная группа	Экобиоморфа	Отношение к рН корки	Порода дерева	Встречаемость
1	2	3	4	5	6
<i>Bryoria nadvornikiana</i> (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw. КК!	эпифит	К	А	И	I
<i>Cladonia chlorophaea</i> (Flk. ex Sommerf.) Spreng.	эпифит эпиксил	Ч-К	А	Б	II
<i>Evernia mesomorpha</i> Nyl.	эпифит эпиксил	К		Л	I
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	эпифит эпиксил	К	А	И, Л	II
<i>Hypocenomyce scalaris</i> (Ach.) M. Choisy	эпифит эпиксил	Н	А	Б, Д	II
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	эпифит эпиксил	Л	А	Б, Д, И, Л	IV
<i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach.	эпифит эпиксил	Н	I	Л	I
<i>Melanohalea olivacea</i> (L.) O. Blanco et al.	эпифит	Л		И	I
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	эврисубстратный	Л	I	И, Л, Хв	IV
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg	эврисубстратный	Л	N	Я	III
<i>Physcia adscendens</i> H. Olivier	эпифит эпиксил	Л	N	Я	III
<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.	эпифит эпиксил	Л	N	И	I

1	2	3	4	5	6
<i>Physcia tribacia</i> (Ach.) Nyl.	эврисуб-стратный	Л	Н	Д, И, Л	Ш
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	эврисуб-стратный	Л	Н	Л	Ш

Примечание: **КК!** – вид занесен Красную книгу Ярославской области; экобиоморфа: Н – накипные, Л – листоватые, К – кустистые, Ч-К – чешуйчато-кустистые; экологическая группа: А – ацидофит, Н – нитрофит, I – индифферент, отсутствие обозначения – информация отсутствует; порода дерева: Б – береза, Д – дуб, И – ива, Л – липа, Хв – хвойные породы, Я – ясень; встречаемость: I – единично, II – редко (2–20%), III – обычно (21–60%), IV – часто (> 61%).

Наиболее часто встречаемыми видами в парке являются виды с листоватым талломом – *Hypogymnia physodes* и *Parmelia sulcata* (IV класс встречаемости), способные развиваться в естественных и антропогенно среднеумеренно и выражено измененных местообитаниях [10]. Единично, либо редко, были встречены представители с кустистым и чешуйчато-кустистым талломами, характерные для естественных и слабоизмененных местообитаний. Это *Bryoria nadvornikiana*, *Evernia mesomorpha*, *Evernia prunastri* и *Cladonia chlorophaea*. Первый вид является редким для Ярославской области и занесен в Красную книгу области [11]. Размер его таллома небольшой (около 3 см), соралии развиты слабо, что может быть обусловлено высокой чувствительностью лишайника к изменению свойств местообитания, прежде всего загрязнению воздуха.

При оценке степени сходства видового состава лишайников различных древесных пород с помощью коэффициента Жаккара установлено, что наиболее схожими по видовому составу оказались дуб и береза ($K_j=0,5$), которые относятся к породам с кислой коркой [7, 12]. На них обнаружены, в основном, ацидофитные виды, однако на дубе встречался также нитрофитный вид *Physcia tribacia*. На липах, ивах и ясенях, имеющих субнейтральные и нейтральные значения кислотности корки, развивались преимущественно нитрофитные виды, за исключением *Hypogymnia physodes*, которая встречалась практически на всех породах. На липах, расположенных вблизи автомобильной дороги, с высокой частотой встречался нитрофитный вид *Xanthoria parietina*, обычный на загрязненных территориях [10]. Ранее нами было установлено, что увеличение количества нитрофитных видов на корке липы происходит в результате повышения pH корки [13]. В целом по количеству видов и частоте встречаемости можно отметить некоторое преобладание в лишайниковом покрове суммарно нитрофитных видов и видов-индифферентов, что может указывать на защелачивание корки тех пород деревьев, у которых она исходно кислая.

Учитывая невысокое видовое разнообразие (14 видов), неполноту эколого-субстратных групп, но, в то же время, наличие в составе экобиоморф кустистых форм, в том числе редких видов, характерных для естественных лес-

ных сообществ, можно охарактеризовать состояние лишайникового покрова и паркового сообщества ПП как хорошее, со слабой антропогенной трансформацией [14]. Причиной такой трансформации может быть техногенное загрязнение воздуха пылью и соединениями азота, поскольку парк находится в промышленном районе города, вблизи автотрассы и железной дороги. Однако, как уже было сказано, парк круглогодично используется населением для отдыха, что часто сопровождается обламыванием веток и разведением костров, создавая угрозу для редких кустистых видов, обнаруженных на территории ПП. В связи с этим, необходимо проведение мероприятий по сохранению местообитаний редких видов, в том числе просветительская деятельность, а также проведение мониторинговых исследований состояния лишайникового покрова для своевременного принятия решений по снижению антропогенной нагрузки.

Библиографический список

1. Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М. : Научный мир, 2002. 336 с.
2. Степанчикова И. С., Гагарина Л. В. Сбор, определение и хранение лихенологических коллекций // Флора лишайников России: биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. М., СПб. : Тов-во науч. изд. КМК, 2014. С. 204–219.
3. Список лихенофлоры России / сост. Г. П. Урбанавичюс, отв. ред. М. П. Андреев. СПб. : Наука, 2010. 194 с.
4. Lücking R., Hodkinson B. P., Leavitt S.D. The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota – Approaching one thousand genera // *The Bryologist* Winter. 2016. Vol. 119. Is. 4. P. 361–416.
5. Authors of fungal names, version 2 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.indexfungorum.org/authorsoffungalnames.htm> (дата обращения: 15.03.2023).
6. Малышева Н. В. Лишайники Санкт-Петербурга. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2003. 95 с.
7. Инсаров Г. Э., Мучник Е. Э., Инсарова И. Д. Эпифитные лишайники в условиях загрязнения атмосферы Москвы: методология долговременного мониторинга // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М. : ИГКЭ, 2010. Т. 23. С. 276–295.
8. Otnyukova T. N., Sekretenko O. P. Spatial distribution of lichens on twigs in remote Siberian silver fir forests indicates changing atmospheric conditions // *Lichenologist*. 1999. Vol. 40. No. 3. P. 243–256. doi: 10.1017/S0024282908006828
9. Урбанавичюс Г. П., Урбанавичене И. Н. Разнообразие и распространение лишайников России // Флора лишайников России: биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. М., СПб. : Тов-во науч. изд. КМК, 2014. С. 161–186.
10. Трасс Х. Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л. : Гидрометеоиздат, 1985. Т. 7. С. 122–137.
11. Красная книга Ярославской области. Ярославль : Академия 76, 2015. С. 42–43.
12. Клевцова М. А., Якунин А. И. Экологическая оценка влияния атмосферных выбросов на кислотность корки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Приволжский научный вестник. 2016. № 9 (61) [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskaya-otsenka-vliyaniya-atmosferynyh-vybrosov-na-kislotnost-korki-berezy-povisloy-betula-pendula-roth> (дата обращения: 15.03.2023).

13. Кондакова Г. В., Ступин Д. А. Особенности распространения эпифитной лишайности в условиях города // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 1. С. 210–215. doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-210-21513

14. Мучник Е. Э. Лишайники как индикатор состояния дубравных сообществ в Московском регионе // ПЭММЭ. 2017. Т. XXVIII, № 6. С. 5–23. doi: 10.21513/0207-2564-2017-6-5-23

МАКРОМИЦЕТЫ ИСКУССТВЕННОГО НАСАЖДЕНИЯ «КУЧЕРОВ ЛЕС» В ДОНЕЦКЕ

С. Д. Трискиба¹, И. И. Полохина²

¹ *Донецкий ботанический сад,*

² *Донецкий национальный университет, Polohina.irina@mail.ru*

В статье впервые представлен первичный анализ макромицетного сообщества искусственного насаждения «Кучеров лес» Донецкой агломерации. Определены таксономические группы найденных макромицетов. Выявлены нетипичные для степной зоны, редко встречающиеся макромицеты и в других регионах.

Ключевые слова: искусственное насаждение, макромицеты, Донецкая агломерация, таксономическая группа.

Макромицеты – необходимый компонент для оптимального функционирования любого растительного сообщества. Грибы участвуют в широком спектре взаимоотношений с почвенными организмами разных таксономических и трофических групп, что обеспечивает в большой степени стабильность круговорота питательных веществ, в минеральном питании и в водообороте растительных ассоциаций в наземных экосистемах [1].

На территории Донецкого региона распространение грибов-макромицетов изучалось в природных экосистемах [2]. Однако, Донецкая агломерация (г. Донецк с прилегающими населёнными пунктами), являясь промышленной, имеет мощный комплекс искусственных насаждений, различной функциональной нагрузки. Кучеров лес, закладка которого началась в 1958 г., расположен к югу от поселка шахты № 12–18 и к востоку от поселка шахты № 6 «Капитальная», находится в юго-восточной окраине г. Донецка, и является одним из значимых лесных массивов Донецкой агломерации. Учитывая то, что подобные насаждения образовали устойчивые экосистемы, изучение их макромицетного состава даст новые сведения о функционировании искусственных насаждений в антропогенно измененной среде.

Цель нашей работы – первичное изучение микологического компонента экосистемы из лиственных пород искусственного происхождения «Кучеров лес». В задачи работы входило: установить таксономический состав макромицетов и принадлежность видов к трофическим группам; охарактеризовать

распространение на территории насаждения; выявить в их числе возможные редкие и охраняемые виды.

Территория Донецкой агломерации, согласно физико-географическому районированию, принадлежит степной зоне, северно-степной подзоне, Донецкой южностепной провинции, Западно-Донецкой и Донецкой возвышенным областям.

Климат в этом регионе умеренно-континентальный, с выраженными засушливо-суховейными явлениями. Среднегодовая температура составляет +7,8 °С. Средняя температура наиболее теплого месяца (июль) составляет от +21 °С на северо-востоке до +23 °С на юге, а наиболее холодного месяца (январь) – от –4 °С. Также наблюдается быстрый и резкий рост температуры: с апреля по май она повышается в два раза. Дальнейшее повышение идет постепенно: по 3 °С в месяц. Лето долгое и жаркое, осень и весна сухие. Часто бывают засухи.

Кучеров лес расположен в южной черноземной степной зоне, где почвообразующей породой являются карбонатные тяжелосуглинистые лёссы, преобладают черноземы малогумусные.

На обследованном участке произрастают в основном дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), ясень узколистый (*Fraxinus angustifolia* L.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.). Древостой двухъярусный; подлесок достаточно густой, представлен кленом полевым (*Acer campestre* L.), бузиной черной (*Sambucus nigra* L.) и другими кустарниками. Вследствие практически стопроцентной сомкнутости крон деревьев травяной покров слабо развит [3].

Перечисленные геоботанические особенности Кучерова леса определяют условия функционирования данного фитоценоза и формируют, как следствие, своеобразный состав его микобиоты.

Данное исследование проводили на территории Кучерова леса в течение полевого сезона 2022 г. Использованы маршрутный и стационарный методы, сбор материала проводили по общепринятой методике [2]. Определение видов осуществляли с помощью определителей [2, 4–6] с применением микроскопа Биолам-14. Ниже приведен конспект макромицетов этого насаждения.

Систематический обзор макромицетов Кучерова леса

Класс ASCOMYCETES

Семейство Morchellaceae (Sacc.) Eckblad

Род *Morchella* Dill. ex Pers.: Fr. *Morchella esculenta* (L.) Pers. – сморчок обыкновенный. Гумусовый сапротроф, произрастает рассеяно, одиночно среди лиственных пород (*Fraxinus angustifolia*).

Семейство Xylariaceae L.

Род *Xylaria* Hill. ex Schrank. *Xylaria polymorpha* (Pers.) Grev. – ксилария многообразная. Ксилотроф, произрастает небольшими группами, рассеянно на прелых листьях.

Класс BASIDIOMYCETES

Семейство Agaricaceae Cohn.

Род *Agarikus* L. *Agarikus arvensis* Schaeff. – шампиньон полевой. Гумусовый сапротроф, произрастает маленькими группами на степных участках, примыкающих к лесу. *Agarikus bisporus* (J.E.Lge) Imbach. – шампиньон двуспоровый. Гумусовый сапротроф, единичная находка.

Род *Lepiota* (Pers.) Gray. *Lepiota cristata* (Bolton) P. Kumm. – лепиота гребенчатая. Гумусовый сапротроф, произрастает небольшими группами, неравномерно на светлых участках леса.

Род *Coprinus* Pers. *Coprinus comatus* (O.F.Mull.) Pers. – навозник косматый. Гумусовый сапротроф, небольшими группами.

Род *Lycoperdon* P. Micheli. *Lycoperdon perlatum* Pers. – дождевик шиповатый. Копротроф. Встречается единично, на степных участках, примыкающих к лесу.

Семейство Psathyrellaceae Vilgalys, Moncalvo & Redhead

Род *Coprinellus* P. Karst. *Coprinellus disseminatus* (Pers.) J.E. Lange – навозник рассеянный. Сапротроф, на пнях и гниющей древесине лиственных деревьев (*Acer campestre*). *Coprinellus domesticus* (Bolton) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson – навозник домашний. Сапротроф, встречается на мёртвой древесине, пнях лиственных деревьев (*Acer campestre*, *Acer negundo*). *Coprinellus micaceus* (Bull.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson – навозник мерцающий. Сапротроф, разлагающий отмершую древесину (*Acer campestre*, *Acer negundo*).

Семейство Entolomaceae Kotl. & Pouzar

Род *Entoloma* (Fr) P. Kumm. *Entoloma clypeatum* (J. Favre) – энтолома садовая. Гумусовый сапротроф, рассеянно среди дуба.

Семейство Strophariaceae Sing. et Smith.

Род *Stropharia* (Fr) Quel. *Protostropharia semiglobata* (Batsch) Redhead, Moncalvo & Vilgaus – строфария полушаровидная. Ксилотроф, группами на степных участках.

Род *Pholiota* (Fr) P. Kumm. *Pholiota squarrosa* (Oeder) P. Kumm. – чешуйчатка чешуйчатовидная. Ксилотроф. Произрастает группами на лиственных породах (*Acer campestre*, *Acer negundo*).

Семейство Tricholomataceae R. Heim & Pouzar

Род *Lepista* (Fr.) W. G. Sm. *Lepista saevus* (Fr.) Orton. – рядовка лиловоногая. Гумусный сапротроф. Произрастает рассеяно, на степных участках.

Род *Gymnopus* (Pers.) Roussel. *Gymnopus dryophilus* (Bulliard) Murrill – гимнопус дуболюбивый. Обычно сапрофит, иногда паразит (*Quercus robur*, *Fraxinus angustifolia*).

Семейство Physalacriaceae Corner

Род *Flammulina* P. Karst. *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer – опенок зимний. Ксилотроф, на живой и мертвой древесине (*Acer campestre*, *Acer negundo*).

Семейство Marasmiaceae Roze ex Kühner

Род *Marasmiellus* Murrill. *Marasmiellus ramealis* (Bull.) Singer – негниючник веточковый. Ксилотроф, мертвые веточки (*Acer campestre*, *Acer negundo*).

Род *Marasmius* Fr. *Marasmius oreades* (Bolton) Fr – опенок луговой, сапротроф, группами на степных участках. *Marasmius rotula* (Scop.) Fr. – негниючник колесовидный. Ксилотроф (*Quercus robur*). *Marasmius epiphyllus* (Pers.) Fr. – негниючник листовой. Сапротроф, опад листовых пород (*Quercus robur*, *Fraxinus angustifolia*). *Marasmius prasiomus* (Fr.) A.W.Wilson & Desjardin – чесночник дубовый. Ксилотроф (*Quercus robur*).

Семейство *Muscenaceae* Overeem

Род *Muscena* (Pers.) Roussel. *Muscena pura* (Pers.) P. Kumm. – мицена чистая. Ксилотроф (*Quercus robur*). *Muscena inclinata* (Fr.) Quel. – мицена наклоненная. Ксилотроф, поваленные деревья, пни (*Quercus robur*).

Семейство *Geastraceae* Corda

Род *Geastrum* Pers. *Geastrum fornicatum* Fr. (Huds.) Hook. – звездовик сводчатый. Подстилочный сапротроф (*Quercus robur*).

Семейство *Polyporaceae* Corda

Род *Ganoderma* P. Karst. *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. – трутовик плоский. Ксилотроф на живых лиственных деревьях (*Acer campestre*, *Acer negundo*).

Семейство *Coriolaceae* (Imazeki) Singer

Род *Fomes*. Fr. *Fomes fomentarius* (L.) Fr. – трутовик настоящий. Ксилотроф на живых лиственных деревьях (*Acer campestre*, *Acer negundo*).

Семейство *Polyporaceae* Corda

Род *Trametes* Fr. *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd. – траметес жестковолосистый. Ксилотроф на лиственных (*Fraxinus angustifolia*, *Acer negundo*).

Семейство *Tremellaceae* Fr.

Род *Tremella* L. *Tremella mesenterica* (Schaeff.) Retz. – дрожалка оранжевая. Ксилотроф, на лиственных (*Acer negundo*, *Sambucus nigra*).

Семейство *Auriculariaceae* Fr.

Род *Auricularia* Bull. ex Juss. *Auricularia auricula-judae* (Bull.) J.J.Schröt – иудино ухо. Ксилотроф (*Sambucus nigra*).

Семейство *Polyporaceae* Corda

Род *Laetiporus* Murrill. *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill – трутовик серно-жёлтый. Ксилотроф, паразит (*Acer negundo*, *Acer campestre*).

Семейство *Pleurotaceae* Kühner

Род *Pleurotus* Kühner. *Pleurotus ostreatus* P. Kumm. – вешенка обыкновенная. Ксилотроф (*Acer campestre*).

Семейство *Steccherinaceae* Parmasto

Род *Irpex* Fr. *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. – ирпекс молочно-белый. Ксилотроф (*Acer campestre*, *Acer negundo*).

В результате проведенного исследования на территории Кучерова леса Донецкой агломерации найдено и определено 32 вида грибов макромицетов, относящихся к 19 семействам, 25 родам. Наибольшим видовым разнообразием представлены семейства *Marasmiaceae* – 5 видов, *Agaricaceae* – 5 видов.

По экологическим группам найденные грибы распределены следующим образом: гумусовые сапротрофы – 12 видов, ксилотрофы – 16 видов, копротрофы – 4 вида, микоризный симбиотроф – 1, паразиты – 6. Необходимо отметить, что некоторые виды грибов, являясь ксилотрофами, одновременно являются и паразитами.

Особого внимания заслуживает находка гриба *Marasmius prasiomus* – чесночник дубовый. Этот вид почти не встречается на территории Донецкой области, также нечасто встречается в других регионах.

Результаты проведенного исследования нельзя считать окончательными. Многие макромицеты на протяжении нескольких лет могут не проявляться в виде плодовых тел, пока погодные условия не станут для этого оптимальными.

В результате проведенного первичного исследования Кучерова леса Донецкой агломерации составлен систематический список, включающий 32 вида макромицетов из 25 родов и 19 семейств. Преобладают по числу видов семейства Marasmiaceae и Agaricaceae. Один вид – чесночник дубовый – является редким. В Кучеровом лесу прослеживается доминирование экологотрофической группы макромицетов – ксилотрофов.

Библиографический список

1. Великанов Л. Л., Сидорова И. И. Регуляция высшими базидиомицетами структуры мико- и микробиоты почв и подстилки лесных экосистем. II. Влияние базидиомицетов на видовое разнообразие почвенных микромицетов // Микология и фитопатология. 1998. Т 32, № 1. С. 33–36.
2. Лешан Т. А., Курдюкова О. М. Мікобіота Сходу України. Макроміцети. Луганськ : «Альма-матер», 2006. 352 с.
3. Національний атлас України / голова ред. кол. Б. Є. Патон. Київ : ДНВП «Картографія», 2007. 435 с.
4. Бондарцева М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. СПб. : Наука, 1998. Вып. 2. 391 с.
5. Index Fungorum Partnership [Электронный ресурс]. – URL: www.indexfungorum.org. (дата обращения: 20.03.2023).
6. Зерова М. Я., Сосин П. Є., Роженко Г. Л. Визначник грибів України. Т. 5, кн. 2. Київ : «Наукова думка», 1979. 564 с.

КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН *POPULUS ALBA* L. НА ПРОБНЫХ ПЛОЩАДКАХ г. ДОНЕЦКА

Н. С. Мирненко

Донецкий национальный университет, n.zaharenkova@donnu.ru

В работе представлены данные о количественном и качественном состоянии, морфологической изменчивости пыльцевых зерен *Populus alba* L. в условиях антропогенного воздействия на пробных участках г. Донецка. Установлены точки наибольшего антропогенного стресса в городской среде.

Ключевые слова: пыльцевое зерно, стерильность, *Populus alba*, Донецк.

Изучение качества пыльцы является важным показателем для проведения биоиндикационных исследований окружающей среды. Подобные исследования зачастую проводят на древесных растениях в степных и лесостепных регионах [1–5].

Донбасс относится к степной зоне северного Причерноморья и исторически не имел широкого распространения древесных растений из-за несоответствующих климатических условий. Несмотря на это, в связи с ростом промышленности и урбанизации, Донецкий регион был озеленен и большая часть древесной флоры является антропогенными объектами. Однако выбросы промышленных предприятий и автомобильного транспорта приводят к гибели, угнетению развития и снижению биоразнообразия растений, что уменьшает эффективность выполняемых функций. Поэтому палинологические исследования становятся крайне актуальными для разработки систем биологического мониторинга Донбасса.

Сотрудники и студенты кафедры ботаники и экологии Донецкого национального университета проводят исследования в области палинологии и палиноиндикации для степной зоны Донбасса [1–8].

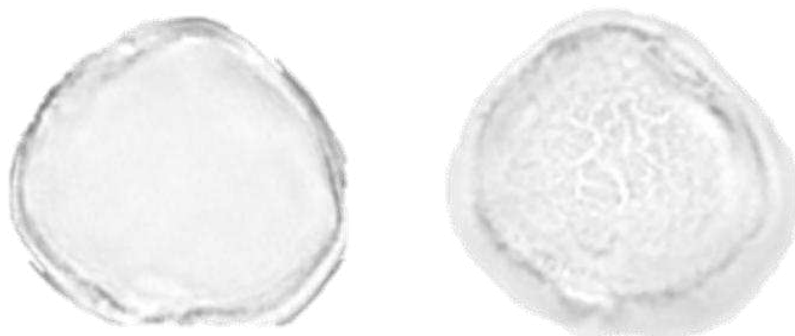


Рис. 1. Внешний вид пыльцевого зерна *Populus alba* [9]

Объектом исследования определён *Populus alba* L., имеющий высокое распространение на территории Донецкой агломерации: вдоль дорог, в парках, скверах, на бульварах, близ промышленных предприятий.

Сбор пыльцы проводили в весенний период (апрель-май) 2022 г. с однолетних особей, не имеющих видимых повреждений. Для оценки качественного состояния окружающей среды пыльца собрана на 5 пробных площадках с 25 особей: 1) пр-т Ленинский; 2) пр-т Киевский; 3) ул. Артема; 4) пр-т Ильича (Дендрарий ГУ «Донецкий ботанический сад»); 5) бул. Пушкина.

Пыльцевые зерна *P. alba* имеют округлую форму среднего размера и несколько эллиптическую форму со стороны полюсов [9]. Анатомо-морфологические исследования позволили определить качественное состояние пыльцевых зерен *P. alba* по показателям стерильности и фертильности. В

экспериментах не окрашенные пыльцевые зерна считались стерильными (табл.).

Таблица

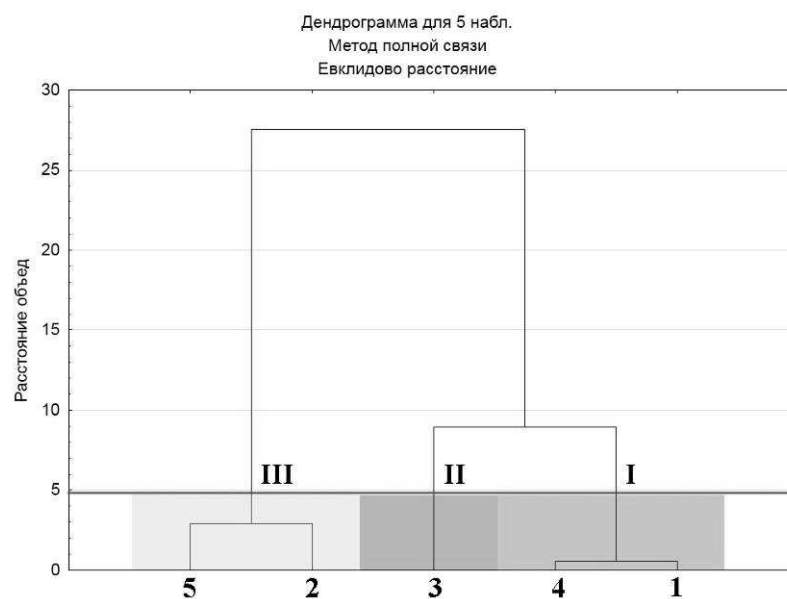
**Показатель стерильности пыльцевых зёрен на пробных площадках
г. Донецка**

№ пробной площадки	Стерильные пыльцевые зерна		Фертильные пыльцевые зерна	
	количество, шт.	процентное соотношение	количество, шт.	процентное соотношение
1	20	9,98	187	89,90
2	44	20,47	171	79,53
3	34	15,96	179	84,04
4	22	9,36	213	90,64
5	48	23,19	159	76,81

Анализ количественных данных стерильности пыльцевых зёрен показал, что наиболее чистыми являются точки № 1 и № 4 (~10% от общего количества пыльцевых зерен), а точки № 2 и № 5 характеризовались как загрязненные с более высоким количеством стерильных зерен (20,47% и 23,19% соответственно).

В ходе исследований проанализировано также морфологическое изменение соцветий. Установлено, что зачастую наблюдали пролификацию соцветий, которая проявлялась в многоярусном расположении генеративных частей цветка. Соцветия, находящиеся в местах с высокой антропогенной нагрузкой, имели более высокое содержание стерильной пыльцы, а на соцветиях проявлялась пигментация и нехарактерное изменение цвета. Также обнаружено, что некоторые соцветия возникают из латеральных почек, находящихся в междоузлиях, что не является типичным для тополей. Стоит уточнить, что появление аномалий является генетически запрограммированным фактором и зачастую проявляется в местах антропогенного воздействия.

Анализ дендрограммы показал наличие трёх кластеров (рис. 2). Первый кластер объединяет точки № 1 и № 4 по минимальному соотношению количества стерильных видов, что характеризует площадки на пр. Ленинском и Дендрарий Донецкого ботанического сада, как участки с наименьшей антропогенной нагрузкой. Точка № 3 (ул. Артема) является промежуточной по количеству стерильных видов. Высокий уровень нагрузки отмечен в третьем кластере (точки № 2, 5) – пр. Киевский и Бульвар Пушкина, что объясняется высокой концентрацией автомобилей.



Таким образом, в ходе эксперимента установлены точки наибольшего антропогенного стресса в городской среде.

Библиографический список

1. Бухарина И. Л., Двоеглазова А. А. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2010. 184 с.
2. Мирненко Н. С. Жизнеспособность пыльцы некоторых видов древесных растений Донецкой агломерации // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26. № 6. С. 55–61. doi: 10.18698
3. Сафонов А. И. Аномалии эмбриональных структур растений-индикаторов Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2022. № 3 (14). С. 5–18.
4. Сафонов А. И., Глухов А. З. Комплексная оценка техногенной нагрузки в импактном фитомониторинге Донбасса // ЭкоБиоТех 2021 : материалы VII Всерос. конф. с междунар. участием (Уфа, 4–7 октября 2021 г.). Уфа : УИБ УФИЦ РАН, 2021. С. 150–154.
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. Эколого-палинологическая ситуация в Донбассе (2014–2020 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 1–2. С. 32–38.
7. 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.
8. Сафонов А. И., Мирненко Н. С. Палинологический скрининг в мониторинговой программе Центрального Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 3–4. С. 43–48.
9. Информационная система идентификации растительных объектов на основе карпологических, палинологических и анатомических данных [Электронный ресурс]. – URL: <http://botany-collection.bio.msu.ru> (дата обращения: 02.02.2023).

СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ХВОИ И ПОДОРОЖНИКА И ЖЕЛАТИНОВЫХ ПЛЕНОК НА ИХ ОСНОВЕ

*А. Р. Киреева, А. Д. Шелехов, А. И. Фокина
Вятский государственный университет, sashakir02@mail.ru*

В статье представлен опыт изготовления и исследования композиций из желатина и водных растительных экстрактов из хвои сосны и листьев подорожника, как основы для лекарственных пленок. Определены некоторые свойства полученных пленок и экстрактов для их приготовления.

Ключевые слова: желатин, лекарственные пленки, экстракт, хвоя сосны, листья подорожника.

В последние годы проблема переработки и рационального использования вторичного сырья мясной промышленности становится актуальной во всем мире. На мясокомбинатах и убойных пунктах животноводческих ферм в значительных количествах могут накапливаться отходы свиных шкур [1]. Отходы переработки свиных шкур практически не находят применения для пищевых целей. Помимо этого, наблюдается ухудшение экологической обстановки. Большая часть органических отходов мясного производства еще не нашла применения и вывозится на свалки, что, помимо материальных потерь, ведет к загрязнению окружающей среды [2].

В настоящий момент существуют различные технологии переработки коллагенсодержащего сырья, однако их внедрение на предприятии очень дорогостоящее, а срок окупаемости составляет более 5 лет. В связи с этим одним из эффективных подходов в решении данной проблемы является переработка отходов мясоперерабатывающей промышленности и получение желатина [3]. Подорожник большой – лекарственное растение, широко используемое в медицинской практике как диуретическое, жаропонижающее, спазмолитическое и противовоспалительное средство [4]. Хвоя – хороший источник каротина, содержание которого в свежей хвое в течение года меняется незначительно. Хвоя богата также витамином С [5–7].

Желатин является важным гидроколлоидом и используется в качестве стабилизатора, загустителя, эмульгатора, пенообразующего и смачивающего агента для пищевого, фармацевтического, медицинского и технического применения из-за его поверхностно-активных свойств, а также для инкапсулирования пищевых добавок и активных веществ [8, 9]. Желатин привлекает внимание исследователей также хорошими технологическими свойствами: желатиновый гель легко формуется, хорошо воспринимает и высвобождает лекарственные вещества, имеющие различное агрегатное состояние и растворимость. Кроме того, при применении оказались полезными такие свойства, как гемостатическое и репаративное действие, способность сухих желатиновых

пленок впитывать экссудаты и прочно фиксироваться в месте аппликации за счет собственной адгезии желатина [10, 11].

Цель работы – изготовление и исследование пленок из желатина на основе водных экстрактов из листьев подорожника большого и хвои сосны обыкновенной, а также изучение свойств данных растительных экстрактов.

В ходе работы изготовили серию пленочных композиций. Для приготовления экстракта использовали 5 г растительного сырья. Измельченный растительный материал заливали дистиллированной водой, экстрагировали на кипящей водяной бане в течение 30 мин. Полученные экстракты фильтровали в мерную колбу вместимостью 100 см³ и доводили объем раствора водой до метки. Пленки изготавливали методом литья с массовым соотношением компонентов «желатин : экстракт : глицерин): 10 : 85 : 5. Полученную смесь разливали в силиконовые формы для получения пластинок толщиной 1 мм. Залитые формы оставляли на 24 ч при комнатной температуре, а затем убирали в эксикатор на 72 ч [12]. Паропроницаемость пленок изучали путем определения массы водяного пара, проходящего через исследуемый материал за определенное время. Абсорбционные свойства пленок изучали по темпам набухания (набора массы за счет поглощения воды) пленок гравиметрическим методом [13]. Также были проведены следующие качественные реакции для определения групп фенольных соединений в растительных экстрактах, использованных для приготовления пленок:

– цианидиновая проба: флавонолы, флаваноны и флавоны при восстановлении магнием в присутствии соляной кислоты (концентрированной) дают красное или оранжевое окрашивание, обусловленное образованием антоцианидинов;

– реакция с 10% раствором аммиака: с раствором аммиака флавоны, флаваноны, флавонолы и флаванололы дают желтое окрашивание, переходящее при нагревании в оранжевое или красное. В случае халконов и ауронов тотчас же образуется красное или пурпурное окрашивание. Чистые катехины окраски не дают, однако присутствие даже в небольшом количестве примесей (продуктов окисления) вызывает появление желтой окраски. Антоцианы при наличии аммиака или карбоната натрия дают синее или фиолетовое окрашивание;

– лактонная проба основана на разрыве лактонного кольца под действием щелочи с образованием солей кумаровой кислоты, растворимых в воде, которые легко окисляются до соединений хиноидной структуры, имеющих желтый цвет. Если в пробирке, куда добавляли щелочь, раствор остался желтым и прозрачным, значит, реакция положительна, так как образуется желтая растворимая в воде соль кумаровой кислоты [14].

Результаты качественных реакций представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Результаты определения групп фенольных соединений
в экстрактах подорожника и хвои сосны**

Растение для приготовления экстракта	Цианидиновая проба	Проба с 10% раствором аммиака	Лактонная проба
	аналитический эффект		
Подорожник	бледно-желтый раствор	желтый раствор	желтый раствор
Хвоя	бледно розовый раствор	оранжевый раствор	желтый раствор

Качественными реакциями в экстракте подорожника было подтверждено наличие флаванолов, флавонов, флаванонов и кумаринов; в экстракте хвои сосны – флаванолов, флавонов, флаванонов, хальконов, ауринов и кумаринов.

Данные фенольные соединения благотворно влияют на сердечно-сосудистую систему, обладают также противовоспалительной, антибактериальной, противовирусной активностью, что отлично скажется на применении пленок в фармации, для заживления ран, ссадин, послеоперационных швов.

У изготовленных пленок установлены хорошие способности к набуханию и пропусканию паров воды. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты определения паропроницаемости и абсорбционных свойств

Разновидность пленки (согласно применяемому экстракту)	Паропроницаемость, г паров воды/м ² пленки			Абсорбция, % от массы пленки			
	продолжительность пропускания паров воды через пленку, ч			продолжительность контакта пленки с водой, мин			
	24	48	72	15	30	45	60
Подорожник	41,60	84,68	115,64	161,88	124,96	183,43	219,32
Хвоя сосны	41,17	85,32	117,34	144,83	169,44	206,97	232,15

Пленка с добавкой экстракта подорожника поглотила 219,32% воды от собственного веса, с добавкой экстракта хвои сосны – 232,15%. Пленка с добавкой экстракта подорожника в течение 72 ч пропускает 115,64 г/м² паров воды, экстракта хвои сосны – 117,34 г/м². На основе полученных данных можно прогнозировать успешное применение полученных пленок в качестве лекарственной формы и упаковочного материала для пищевой промышленности.

Библиографический список

1. Антипова Л. В., Мишин С. Е. Совершенствование технологии производства белкового стабилизатора // Мясная индустрия. 2001. № 2. С. 29–31.
2. Патшина М. В. Разработка технологии вареных мясных продуктов с использованием коллагенового полуфабриката из свиной шкурки : дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, 2003. 137 с.
3. Разработка технологии переработки коллагенсодержащих отходов мясоперерабатывающей промышленности в функциональную кормовую добавку / М. М. Драгунова,

А. Ю. Просеков, И. С. Милентьева, О. В. Кригер, А. И. Линник // Вестник КрасГАУ. 2014. № 11 (98). С. 203–206.

4. Журба О. В., Дмитриев М. Я. Лекарственные, ядовитые и вредные растения. М. : Колос С, 2008. С. 154.

5. Ерофеева Л. Н. Лекарственные пленки. История и современность // Университетская наука: взгляд в будущее : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 83-летию Курского государственного медицинского университета (2 февраля 2018 года). Курск : ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России, 2018. С. 52–27.

6. Хуршкайнен Т. В., Скрипова Н. Н., Кучин А. В. Сравнительная оценка экстракционного оборудования для эффективного выделения экстрактивных веществ хвойной древесной зелени // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 1. С. 25–30. doi: 10.25750/1995-4301-2017-1-025-030

7. Мартакова Ю. В., Удоратина Е. В. Комплексное изучение компонентов шрота – отхода переработки древесной зелени ели // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 151–158. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-151-158

8. Lobo L. Coalescence during Emulsification: 3. Effect of Gelatin on Rupture and Coalescence // Journal of Colloid and Interface Science. 2002. Vol. 254. No. 1. P. 165–174.

9. Influence of encapsulation and coating materials on the survival of *Lactobacillus plantarum* and *Bifidobacterium longum* in fruit juices / S. Nualkaekul, M. T. Cook, V. V. Khutoryanskiy, D. Charalampopoulos // Food Research International. 2013. Vol. 53. No. 1. P. 304–311.

10. Ананьев В. Н., Новиков Ю. Т., Фурин В. А. Новая адресная иммобилизованная лекарственная форма – лекарственные желатиновые пленки. М. : Медицинская книга, 2004. 216 с.

11. Балабанов В. И. Нанотехнологии. Наука будущего. М. : Эксмо. 2009. 256 с.

12. Preparation and characterization of gelatin-based nanocomposite containing chitosan nanofiber and ZnO nanoparticles / S. Amjadi, S. Emaminia, Sh. H. Davudian, S. Pourmohammad, H. Namishehkar, L. Roufegarinejad // Carbohydrate Polymers. 2019. Vol. 216. No. 15. С. 376–384.

13. Ковязина Н. А. Изучение физико-химических свойств пленок лекарственных секстафаг // Вестник ВГУ, серия: химия, биология, фармация. 2022. № 1. С. 78–84.

14. Федосеева Л. М., Кутателадзе Г. Р. Изучение некоторых фенольных соединений надземной части шавеля кислого, произрастающего на территории Алтайского края // Химия растительного сырья. 2017. № 4. С. 91–96.

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЗЕРНЕ КИНОА

Е. В. Товстик, А. М. Шеромов

Вятский государственный университет, sheromov.anton@gmail.com

В статье представлены результаты валидации методики определения содержания полифенолов с реактивом Фолина-Чокальтеу в зерне киноа спектрофотометрическим методом. Определены параметры валидации методики, включая линейность, повторяемость, правильность. Полученные параметры валидации находились в приемлемых диапазонах.

Ключевые слова: валидация, спектрофотометрия, реактив Фолина-Чокальтеу, полифенолы, зерно, киноа.

Определение содержания различных метаболитов в тканях и органах растений является составной частью химического анализа растительного сырья. К числу наиболее распространенных вторичных метаболитов относят полифенольные соединения [1]. Особое внимание к этой группе биологически активных веществ связывают с антиоксидантным, антитромбическим, сосудосуживающим, противовоспалительным и противоаллергическим действием [2].

Для определения содержания полифенольных соединений в растительном сырье и фармацевтических субстанциях используют разнообразные методы анализа [3, 4]. Наиболее часто используют спектрофотометрический метод с применением реактива Фолина-Чокальтеу (смесь фосфорновольфрамовой и фосфорномолибденовой кислот). Метод анализа основан на восстановлении фосфорномолибденовольфрамового комплекса полифенольными веществами.

В настоящее время разработаны нормативные документы (НД), регламентирующие способы определения полифенольных веществ с реактивом Фолина-Чокальтеу в прополисе, чае, БАДах, лекарственном сырье [5–6]. Для псевдозерновых хлебных культур НД отсутствует.

Целью работы являлась валидация методики определения полифенолов в зерне киноа. Выбор киноа в качестве объекта исследования был связан с его популярностью. Зерно киноа используется в хлебопекарном производстве, в варёном и пророщенном виде применяется для приготовления разнообразных блюд.

В работе опирались на метод определения полифенолов, изложенный в ГОСТ Р 55488-2013 «Прополис. Метод определения полифенолов». Валидацию методики проводили по показателям: линейность, повторяемость и правильность.

Для анализа готовили водно-спиртовые извлечения (экстракты) из зерна киноа. Определение линейности проводили на 5 уровнях концентрации [7]. Растворы для измерения количественного содержания полифенольных соединений в пересчете на галловую кислоту готовили путем разбавления и увеличения аликвоты водно-спиртового извлечения. В результате проведенных исследований был построен график зависимости оптической плотности раствора от объема экстракта из зерен киноа (рис.).

Известно, что критерий линейности методики выражается в коэффициенте корреляции r . В данном случае он составил 0,9975, что отвечает необходимому условию $|r| \geq 0,99$. Подтверждением линейной зависимости исследуемых величин считают также графическое изображение регрессионной прямой [7]. Следовательно, методика пригодна для анализа водно-спиртовых экстрактов из зерна киноа на предмет содержания полифенольных соединений в пересчете на галловую кислоту в указанном диапазоне концентраций.

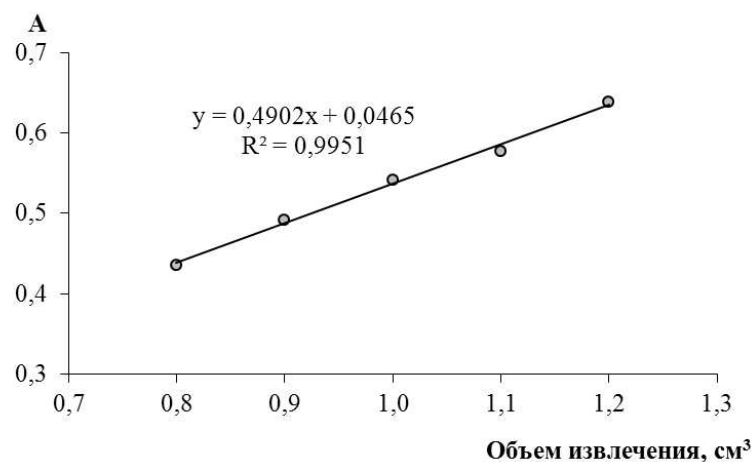


Рис. График зависимости оптической плотности раствора от объема экстракта

Анализ повторяемости методики проводили на одном образце сырья массой 1,00 г в 6-и повторностях. Учитывали, что критерий приемлемости выражается величиной относительного стандартного отклонения, которое не должно превышать 10% [5]. По результатам проведенной валидации методики он составил 2,00%. Это позволяет заключить, что методика дает удовлетворительные по сходимости результаты анализа (табл. 1).

Таблица 1

Прецизионность в условиях повторяемости

№	Оптическая плотность, A	Концентрация галловой кислоты, мг/см ³	x_i^*	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	Метрологические характеристики $S_x = 0,055$ $S_{x\text{ ср}} = 0,022$ $\Delta = 0,058$ $\varepsilon = 2,11\%$ $RSD = 2,00\%$
1	0,633	0,0045	2,83	0,08	0,0064	
2	0,622	0,0044	2,78	0,03	0,0010	
3	0,604	0,0043	2,70	0,05	0,0022	
4	0,622	0,0044	2,78	0,03	0,0010	
5	0,605	0,0043	2,70	0,04	0,0018	
6	0,603	0,0043	2,69	0,05	0,0029	
Среднее значение \bar{x}					2,75	
Сумма значений					0,0152	

Правильность методики устанавливали путем измерения содержания полифенольных соединений в растворах, полученных путем добавления известного количества стандарта галловой кислоты к исследуемому экстракту для концентраций трех уровней: 20%, 50% и 100%. Повторность опыта трехкратная.

Критерием приемлемости являлся коэффициент $t_{\text{эксп}}$, значение которого должно быть меньше $t_{\text{теор}}$ для подтверждения правильности выбранной методики. Результаты определений представлены в таблице 2.

Правильность методики

№	Концентрация, мг/дм ³		t _{эксп}	t _{табл}	Открываемость, %
	Введено	Найдено			
1	0,80	0,79	0,48	4,3	98,75
2	2,00	1,84	6,85		92,00
3	4,00	3,63	14,97		91,00

Согласно полученным данным, с увеличением добавки галловой кислоты открываемость снижалась. Однако, при работе в области более низких концентраций, методика позволяла определить содержание полифенольных соединений. В целом полученные результаты можно считать приемлемыми.

Таким образом, проведенная валидационная оценка методики по трем параметрам свидетельствует о ее пригодности для определения содержания полифенольных соединений в зерне киноа.

Библиографический список

1. Технологии повышения стабильности полифенольных соединений в лекарственных препаратах (обзор) / Н. Л. Соловьева, М. С. Сокуренок // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2016. № 4. С. 82–91.
2. Пояркова Н. М., Сапаркльчева С. Е. Физиологическая роль фенольных соединений // Аграрное образование и наука. 2019. Т. 14. № 4. С. 1–6.
3. Николаева Т. Н., Лапшин П. В., Загоскина Н. В. Метод определения суммарного содержания фенольных соединений в растительных экстрактах с реактивом Фолина-Дениса и реактивом Фолина-Чокальтеу: модификация и сравнение // Химия растительного сырья. 2021. № 2. С. 291–299.
4. Содержание полифенольных соединений в семенах маша, чиа, киноа / Д. М. Сараева, А. М. Шеромов, А. Н. Шатунов, Т. А. Адамович, Е. В. Товстик // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. с международ. участием конф. Кн. 1. Киров : Вятский государственный университет, 2021. С. 51–54.
5. ГОСТ Р 55488-2013. Прополис. Метод определения полифенолов. М. : Стандартинформ, 2014. 9 с.
6. ГОСТ Р ИСО 14502-1-2010 Чай. Метод определения общего содержания полифенолов. М. : Стандартинформ, 2012. 10 с.
7. ОФС.1.1.0012.15. Валидация аналитических методик. Государственная фармакопея Российской Федерации: XIV издание. Т. 1. М. : Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2018. 1814 с.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В РАЗВИТИИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

П. А. Савельева

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
Apollinariy_2000@mail.ru*

В статье представлена комплексная экологическая оценка территории Кольского полуострова на основании многолетнего мониторинга загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных вод с целью выявления основных факторов экологической опасности территории. Установлено, что малонаселенная восточная часть полуострова практически не подвержена промышленной нагрузке в силу отсутствия развитой экономики и энергетической инфраструктуры, но экологические проблемы данной территории связаны с ее энергетическим обеспечением в виде дизельного топлива в бочках.

Ключевые слова: мониторинг территории, Кольский полуостров, экологическая опасность, дизельное топливо в бочках.

Кольский полуостров располагается в северо-западной части России в Мурманской области. Является уникальным природным объектом, и располагает крупным запасом месторождений полезных ископаемых. С запада Кольский полуостров ограничивается меридиональной впадиной, которая берет начало от Кольского залива и простирается до Кандалакшского залива по реке Нива [1].

По данным Росприроднадзора известно, что большинство загрязнений связано с работой промышленных предприятий, осуществляющих добычу и переработку полезных ископаемых [2]. В западной части Кольского полуострова сосредоточены горно-обогатительные комбинаты, металлургические и химические заводы, потому концентрация примесей в атмосфере особенно высока [3].

К основным источникам выбросов примесей в атмосферу на территории полуострова относятся: Апатитская ТЭЦ (ОАО «Апатит»), ОАО Мурманская ТЭЦ, ООО Ловозерский ГОК, АО Кандалакшский алюминиевый завод, ОАО Мурманский морской торговый порт.

Сильное влияние на загрязнение воздуха оказывают металлургические комбинат «Североникель» (г. Мончегорск), на него приходится выбросов 54%. Комбинат перерабатывает руды и выбрасывает в атмосферу диоксид серы, оксиды меди, никеля, кобальта и других цветных металлов [4].

На полуострове две работающие ТЭЦ: Мурманская и Апатитская, входящие в филиал «Кольский» ОАО «ТГК-1». Апатитская ТЭЦ в качестве сжигаемого топлива использует каменный уголь и выбрасывает около 18,4 тыс. т загрязняющих веществ, из которых 12 тыс. т приходятся на оксиды серы. Мурманская ТЭЦ в качестве основного топлива использует топочный мазут с

примесями ванадия и никеля. При сжигании мазута в атмосферу поступают частицы кокса, солей натрия, сажи [2, 4].

Кандалакшский алюминиевый завод выбрасывает в атмосферу преимущественно соединения фтора, является источником фтористого водорода, фторидов, полициклических ароматических углеводородов.

Мурманский морской порт работает с такими грузами как: цветные и черные металлы, химические промышленные материалы и стройматериалы. Осуществляет перевалку угля открытым способом, от чего наблюдается значительное увеличение заболеваемости, связанных с дыханием [5].

Поступление в атмосферу выбросов сернистого газа и диоксида азота горнодобывающих и горно-обогатительных предприятий является причиной образования кислотных дождей. Зачастую такие осадки содержат в себе тяжелые металлы (обычно медь и никель) [2, 3]. В таблице 1 представлена динамика выбросов основных загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Таблица 1

Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в Мурманской области за 2016–2021 гг., тыс. т

Загрязняющие вещества	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Всего	231,8	242,9	215,3	231,2	199,0	134,1
Твердые частицы	24,6	25,8	27,3	27,1	30,03	25,8
Газообразные и жидкие	207,2	217,1	188,0	204,1	168,9	108,3
Диоксиды серы	161,6	161,3	146,0	156,4	128,3	67,5
Оксиды углерода	16,5	19,7	19,1	19,1	18,8	18,7
Оксиды азота	15,3	17,3	14,1	15,9	15,2	14,8
Углеводороды	8,1	9,5	6,6	8,74	2,9	3,5
Летучие органические соединения	2,8	6,5	1,2	3,1	3,0	2,8

По данным, представленным в таблице 1, прослеживается уменьшение суммарного количества вредных примесей с 2019 года, особенно это видно по количеству диоксида серы. В 2021 г. по сравнению с 2020 г. уменьшились выбросы загрязняющих веществ на 64,8 тыс. т, а также снизились выбросы твердых веществ на 4,2 тыс. т. В таблице 2 приведены максимально разовые предельно допустимые концентрации основных загрязняющих веществ [6].

Таблица 2

Предельно допустимые концентрации основных загрязняющих веществ Кольского полуострова

Вещество	ПДК, максимальная разовая, мг/м ³	ПДК среднегодовая, мг/м ³
Оксиды азота	0,4	0,06
Оксиды углерода	5	3
Диоксиды серы	0,5	–
Бенз(а)пирен	–	1
Формальдегид	0,05	0,003

По данным доклада о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области проведено сравнение содержания основных загрязняющих веществ в промышленных городах полуострова (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная характеристика содержания основных загрязняющих веществ в промышленных городах полуострова за 2020 и 2021 гг.

Город	Год	Загрязняющее вещество	Превышение
Мурманск	2020	Формальдегид	1,5 ПДК
	2021		2,8 ПДК
	2020	Бенз(а)пирен	3,2 ПДК
	2021		1,9 ПДК
Мончегорск	2020	Диоксиды серы	0,5 ПДК
	2021		0,3 ПДК
	2020	Формальдегид	1,5 ПДК
	2021		2,9 ПДК
Североморск	2020	Оксиды азота	1,4 ПДК
	2021		2,3 ПДК
	2020	Оксиды углерода	3,9 ПДК
	2021		2,2 ПДК
Апатиты	2020	Бенз(а)пирен	1,5 ПДК
	2021		2,9 ПДК

По таблице 3 видно превышение за год содержания формальдегидов в городах Мончегорск и Мурманск, рост выбросов, содержащих без(а)пирен в городе Апатиты. Также заметно превышение ПДК в Североморске по содержанию оксидов азота.

На территории Кольского полуострова расположено более 127 тысяч водных объектов. В загрязнении поверхностных водоемов полуострова виноваты в основном промышленные и сельскохозяйственные предприятия, выбрасывающие свои сточные воды. Чаще всего встречаются такие вредные вещества как тяжелые металлы, сульфаты, фториды, соединения азота. Максимальное содержание загрязняющих веществ прослеживается в водоемах, расположенных в зонах негативного влияния металлургических комбинатов «Североникель» ОАО «Кольская ГМК», ЗАО «Ловозерский горно-обогатительная комбинат» [4]. К другим не менее важным источникам загрязнения водных объектов относятся: ОАО Апатит, ГОУП Мурманскводоканал, ОАО Мурманский морской торговый порт, ОАО Ловозерский ГОК, Кольская АЭС и ЖКХ городов [2, 3].

Значительное влияние на загрязнение водных объектов на Кольском полуострове оказывает и Мурманский морской торговый порт, а также Кандалакшский морской порт. Проблема состоит в проходе транспортных судов или происшествиях, связанных с разливом нефти. В порту занимаются переливом нефти и нефтепродуктов, а также минеральных удобрений [2].

Ежегодно ФГБУ «Мурманское УГМС» проводит мониторинг качества поверхностных вод. В 2021 году в 17 водных объектах зарегистрировано 102 случая высокого загрязнения и 39 случаев экстремально высокого загряз-

нения вод по характерным показателям: никель, медь, молибден, сульфаты, дитиофосфат, соединения азота, органические соединения. Например, в 2016 г. было отмечено, что на 16 водных объектах зафиксировано 99 случаев высокого загрязнения и 64 – экстремально высокого по тем же показателям. Следовательно, за пять лет состояние загрязнения практически не изменилось, уменьшилось лишь количество случаев экстремально высокого загрязнения. Также в 2021 г. объем загрязненных сточных вод составил 313,35 млн м³, а в 2020 – 307,46 млн м³, что говорит об ухудшении качества вод [2, 4].

В малонаселенной восточной части полуострова (всего около 5000 тыс. жителей) отсутствуют крупные промышленные объекты, однако загрязнение окружающей среды встречается и там. На побережье Баренцева моря можно обнаружить большое количество бочек с отработанным топливом. Они появляются от морских портов, метеостанций, мест ведения геологических-разведочных работ, населенных пунктов и военных объектов, потому как для нормальной работы необходим постоянный источник энергии, в качестве таких источников чаще всего выступают угольные или дизельные электростанции. Часто бочки остаются брошенными. Арктическая экосистема не имеет возможности перерабатывать такие отходы. Низкие температуры способствуют длительному поддержанию негативного влияния. Более того, они в любой момент могут протечь, и все едкое содержимое попадет в водное пространство. Не редкость, когда бочки вмёрзают в лед и от старости теряют маркировку, что усложнит задачу их утилизации [7].

Удаленные поселки, расположенные в восточной части полуострова, в прибрежной полосе, не получают энергию от Кольской энергосистемы, им приходится питаться электричеством за счет небольших дизельных станций. В качестве теплоснабжения используются котельные установки и огневые печи, работающие на привозном угле. Топливо для них поступает через морской транспорт обычно в летний период и в большом количестве [8].

В таблице 4 приведены расчеты необходимого количества бочек с дизельным топливом для обеспечения энергией населения объекта каждый год.

Таблица 4

Расчет необходимого количества топлива для дизельных станций

Параметр	Значение
1 человек	4 кВт*ч/год
5000 человек	7,3 млн кВт*ч/год = 26,3 млн МДж
1 кВт*ч	3,6 МДж
Калорийность дизельного топлива	41 МДж/кг
КПД двигательных установок	35%
1 кг дизельного топлива	1,16 л
В год потребуется	640 975 кг дизельного топлива = 743 531 л
С учетом КПД	2 124 374 л
Объем одной бочки топлива	216,5 л
Потребуется бочек	9821 бочка/год

По данной таблице видно, что для обеспечения нормальной жизнедеятельности жителей восточной части полуострова необходимо 7,3 млн кВт*ч/год. Потребность в таком количестве электроэнергии пока что могут обеспечить только дизельные электростанции. По произведенным расчетам становится видно, какое огромное количество топлива придется завозить каждый год.

Таким образом, можно прийти к следующим основным выводам:

1. Выявлено, что главными загрязнителями воздуха Кольского полуострова являются диоксид серы, углеводороды, оксиды азота и углерода, пыль. Основные загрязнители водных объектов – медь, никель, марганец, железо, молибден. Объем загрязняющих веществ увеличился по сравнению с 2020 г. на 5,89 млн м³.

2. Обнаружено, что восточная часть практически не подвержена промышленной нагрузке в силу отсутствия там развитой экономики и энергетической инфраструктуры.

3. Рассчитано количество бочек с дизельным топливом, которое необходимо завозить в восточную часть полуострова ежегодно, а также последствия от использования данного вида топлива.

Библиографический список

1. Статистический ежегодник, 2021. Мурманск : Мурманскстат, 2021. 202 с.
2. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2021 году. Мурманск, 2022. 196 с.
3. Современные вызовы и угрозы развитию Мурманской области: региональный атлас / отв. ред. Г. В. Жигунова, А. М. Сергеев. Мурманск : Изд-во МГГУ, 2014. 264 с.
4. Ромина Л. В. Экологические проблемы Кольского полуострова // Жизнь Земли. 2014. Т. 35–36. С. 76–81.
5. Клименко М. Г., Квасов Д. В., Троценко А. А. Анализ статистических данных антропогенной нагрузки ОАО «Мурманский морской рыбный порт» за период 2011–2017 гг. // МНИЖ. 2019. № 3 (81) С. 22–29.
6. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rospotrebнадzor.ru/files/news/GN_sreda%20_obitaniya_compressed.pdf (дата обращения: 2.03.2023).
7. Кириченко И. С., Алексахин А. В., Бабаян П. Д. Особенности и проблемы заготовки и транспортировки металлолома Арктики // Молодой ученый. 2016. № 1 (105). С. 160–165.
8. Минин В. А. Экономические аспекты развития возобновляемой энергетики малой мощности в удаленных поселениях на Кольском полуострове // Доклад Объединения Bellona. Мурманск, 2011. 44 с.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В СЕТИ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ РЕГИОНА

*А. А. Комаров, П. А. Суханов, А. Д. Курсанов
Агрофизический институт, Zelenydar@mail.ru*

В статье представлены результаты формирования и агроэкологической оценки в сети тестовых мониторинговых полигонов Ленинградской области. За более чем 10-летний срок непрерывных наблюдений была сформирована база данных и обработана информация об агроэкологическом состоянии региона.

Ключевые слова: агроэкологический мониторинг, тестовые полигоны, данные дистанционного зондирования Земли, вегетационный индекс NDVI.

Комплексный агроэкологический мониторинг проводился в течение более 10 лет в условиях отдельного региона на Северо-Западе РФ на основании методических рекомендаций [1–3]. Для этой цели была сформирована сеть тестовых мониторинговых полигонов, охватывающая основные агроклиматические, почвенные и ландшафтные условия Ленинградской области. В каждом из 12 полигонов проводились регулярные наблюдения за состоянием окружающей среды (рис. 1).

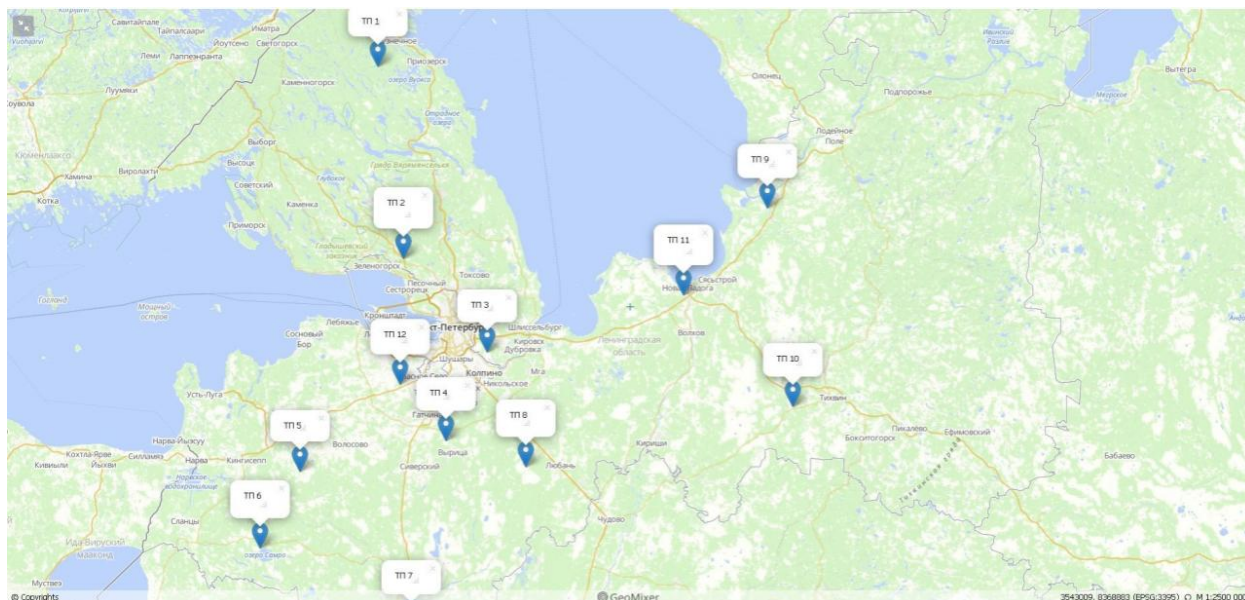


Рис. 1. Сеть тестовых мониторинговых полигонов Ленинградской области

Площадь каждого полигона составляла от 20 до 100 га и была разделена на 4 элементарных участка, что позволяло оценить ландшафтные особенности территории. На полигонах в течение каждого сезона оценивалось агрохимическое состояние и плодородие почв по основным показателям, в том числе содержанию органического вещества, pH, P₂O₅, K₂O, Mg, Ca, NO₃⁻, NH₄⁺, а также по наличию микроэлементов, тяжелых металлов, мышьяка, остаточных

пестицидов и радиационному фону. Ежегодно в каждом из 4-х элементарных участках полигонов производилась оценка биопродуктивности растений. В растениях определялся перечень основных показателей качества, включая микроэлементы и загрязнители. Расширенный перечень показателей оценивался в водоемах, колодцах, дождевой воде и снеге: электропроводность, сухой остаток, pH, содержание Cl, P, N, Ca, Mg, K, Pb, Hg, Cd, As, Cu, Zn, Cr, Cd, S. Кроме наземных наблюдений использовались данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с применением вегетационного индекса NDVI [4–5] и методы геостатистики [5–6].

На основании проведенных исследований установлена значительная вариабельность оцениваемых параметров как по территории ландшафтов, так и в динамике периодов оценки. Действительно, в практике производства преимущественно проявляются различные неоднородности (почвенно-агрохимические, гидрологические, ландшафтные, метеоданные и др.), которые значительно усложняют результаты оценки. Так, при оценке однородного участка (например, залежи) были получены близкие (точные) показатели оценки, которые было возможно идентифицировать с помощью ДЗЗ, используя космические снимки, например, в режиме NDVI [7].

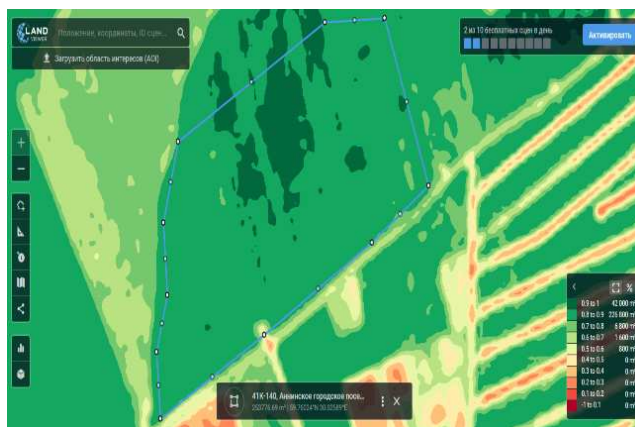
На космических снимках различного уровня разрешения эти зоны неоднородности достаточно хорошо проявляются, но трудно идентифицируются. При этом, чем более неоднородный по тем или иным показателям оцениваемый участок ландшафта, тем в большей степени будет снижаться точность оценки, причем это наблюдается во всех случаях, независимо от метода интерполяции [8]. На рис. 2 представлен пример оценки состояния растительного покрова в динамике развития луговых трав (естественный ландшафт) и оцениваемой территории поля (агроландшафт).

Оценка состояния и прогноз изменений, происходящих в растениях в течение вегетационного периода по тестовому полигону №12, представлены по вегетационному индексу NDVI, выполненному с помощью космических снимков, полученных при помощи использования сервиса LandViewer. Данный сервис позволяет выполнять многоцелевые запросы и использовать доступные изображения наблюдения Земли с большего количества спутников, таких как Sentinel, Landsat и многих других [9].

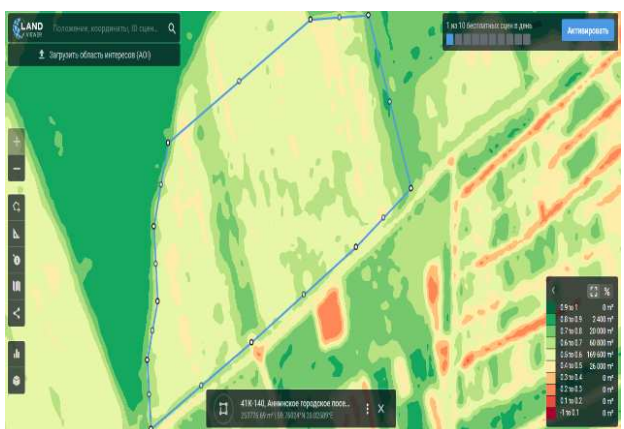
Развитие растительного покрова с мая по июнь показывает увеличение вегетационного индекса (с 0,6–0,9 до 0,8–1,0), что характеризует обильное нарастание вегетирующей массы. На 28 июля наблюдается резкое уменьшение вегетационного индекса до 0,5–0,6, что связано с уборкой растений и прекращением работы фотосинтезирующего аппарата в агроландшафтах, а на залежных участках луговых трав это связано с переходом растений в генеративную фазу развития. Оценка состояния покрова на 28 августа указывает на то, что участок пахотного полигона распахан (красно-оранжевый цвет), а на участках естественных ландшафтов – снижение вегетационного индекса (желтый цвет, почти полное прекращение вегетации).



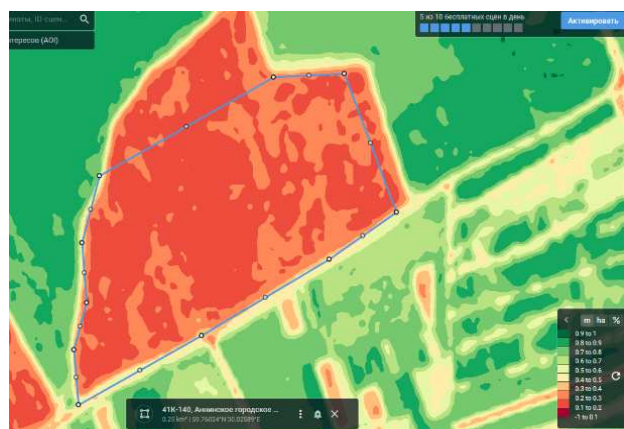
Состояние растений на 22 мая 2019 г.



Состояние растений на 23.06.2019 г.



Состояние растений на 28 июля 2019 г.



Состояние растений на 20.08.2019 г.

Рис. 2. Пример оценки изменения состояния растительного покрова в динамике развития растений на тестовом полигоне № 12 в 2019 г.

Оценка содержания подвижных форм тяжелых металлов, подвижных форм микроэлементов, мышьяка, фтора, бензапирена, остаточных количеств пестицидов (ГХЦГ и ДДТ) и общего гамма-фона на полигонах и окружающих ландшафтах не выявила уровней превышения нормирования в почвах, грунтовых и поверхностных водах и растениях. Агрорландшафты на территориях полигонов и прилегающие к ним территории в целом сохраняют свою устойчивость и не имеют существенных признаков деградации и загрязнения.

Таким образом для проведения комплексной оценки, прогноза и возможности развития деградационных процессов, рекомендаций по сохранению плодородия почв и состояния агроэкосистем для каждого тестового полигона выбраны следующие основные показатели: закисление (рН, гидролитическая кислотность), истощение запасов органического вещества (по изменению содержания органического вещества в почвах за период наблюдений) и доступных для растений питательных элементов: азота (нитратного и аммонийного), подвижных форм фосфора и обменных форм калия, кальция, магния. Оценка влияния антропогенных факторов, прежде всего средств химизации, на природную среду для всей сети полигонов была заархивирована и обработана с последующим формированием базы данных. Информация о состоянии окру-

жающей среды в каждом из полигонов, служила основанием для составления трендов динамики оцениваемых показателей, прогнозов и рекомендаций в целях своевременного выявления изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и (или) антропогенных факторов.

Библиографический список

1. Методические и организационные основы проведения агроэкологического мониторинга в интенсивном земледелии (на базе Географической сети опытов). М. : ВИУА имени Прянишникова, 1991. 356 с.
2. Методическое руководство «Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий» / под ред. В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
3. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М., 2003. 240 с.
4. Кирсанов А. Д., Петрушин А. Ф., Комаров А. А. Оценка развития растительного покрова многолетних трав на основании сопряженных наземных измерений и данных дистанционного зондирования // Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве : материалы II Всерос. науч. конф. с междунар. участием. АФИ РАСХН, 2018. С. 248–257. doi: 10.25695/agrophysica.2018.2.18806
5. Комаров А. А., Суханов П. А., Кирсанов А. Д. Тестовые мониторинговые полигоны как инструмент для идентификации данных дистанционного зондирования земли // Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве : материалы II Всерос. науч. конф. с междунар. участием. АФИ РАСХН, 2018. С. 139–145. doi: 10.25695/agrophysica.2018.2.18778
6. Демьянов В. В., Савельева Е. А. Геостатистика: теория и практика. М. : Наука, 2010. 327 с.
7. Комаров А. А., Захарян Ю. Г., Ирмулатов Б. Р. Оценка и аналитическая аппроксимация вариограмм для сельскохозяйственных полей в условиях Акмолинского региона Казахстана // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 3. С. 182–191. doi: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-182-191
8. Захарян Ю. Г., Комаров А. А. Об использовании геостатистического анализа ДДЗ в практике растениеводства // Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве : материалы II Всерос. науч. конф. с междунар. участием. АФИ РАСХН, 2018. С. 341–346. doi: 10.25695/agrophysica.2018.2.18881
9. Савин И. Ю., Симакова М. С. Спутниковые технологии для инвентаризации и мониторинга почв в России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 5. С. 104–115.

РАДИОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРОНЦИЯ-90 В ОБЪЕКТАХ ВЕТНАДЗОРА

З. В. Стреляева, К. С. Дрозд, А. В. Бардюкова
Институт радиобиологии Национальной академии наук
Республики Беларуси, zoyalozovaya@yandex.by

При необходимости для применения метода должны быть разработаны дополнительные уточнения, чтобы обеспечить его непротиворечивое применение. В научно-исследовательских работах, мониторинге, аудитах применяются ряд методик выполнения измерений, которые в соответствии с ГОСТ

ISO/IEC 17025-2019 подлежат совершенствованию с последующей верификацией и валидацией. Существующие методические указания нуждаются в совершенствовании, актуализации основных приёмов проведения исследований, валидации и верификации данных. При установлении и применении научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для проведения испытаний, ожидается определённо высокий экономический эффект от замены устаревшей методики на модернизированную и усовершенствованную. Разработке документа предшествовала модернизация схем последовательности выполнения радиохимических испытаний: схема выделения радионуклидов из грубых и концентрированных кормов оксалатным методом. Установлены последовательность и содержания операций при подготовке и выполнении испытаний, включая требования по обеспечению безопасности труда и экологической безопасности и требования к квалификации операторов.

Ключевые слова: радиохимический анализ, радиохимическое разделение образца, фосфатный метод, оксалатный метод, корма, растительные образцы.

После аварии на ЧАЭС сложилась уникальная ситуация, характеризующаяся не только огромными площадями загрязнённых территорий, но и разным составом радионуклидов, выброшенных из реактора, а также широким диапазоном мощностей доз хронического облучения. Радиоэкологическая обстановка характеризуется сложностью и неоднородностью загрязнения территории альфа-, бета- и гамма-излучающими радионуклидами, присутствием радиоизотопов практически во всех компонентах экосистем и вовлечением их в геохимические и трофические циклы миграции.

Для определения содержания суммарной альфа- и бета-активности в питьевой воде руководствуются актуализированными ТНПА СТБ ISO 9696-2010 и 9697-2016, а для определения объёмной активности Sr-90 в питьевой воде используются «Инструктивно-методические указания по радиохимическим методам определения радиоактивности в объектах ветнадзора», (Утвержденная Главным управлением ветеринарии Министерства сельского хозяйства СССР 24 августа 1984 г.), Москва.

Существующие методические указания нуждаются в совершенствовании, актуализации основных приёмов проведения исследований, валидации и верификации данных. При установлении и применении научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для проведения испытаний, ожидается определённо высокий экономический эффект от замены устаревшей методики на модернизированную и усовершенствованную.

Нами была сформирована первоначальная информационная база, в которую входит комплекс исходных данных, результаты экономического, нормативно-правового, технологического и конструкторского анализа проблемы,

патентного поиска и т. д. Произведён предварительный подбор близких по назначению или аналогичных МВИ из числа уже известных, с целью возможного использования отдельных элементов или комбинации их, стандартных СИ и оснастки. Уточнены сопутствующие условия: квалификация и численность персонала, условия соблюдения техники безопасности и безопасности окружающей среды, совместимость будущей МВИ с основным производственным процессом.

Все методы, которые нам удалось обнаружить, являлись морально устаревшими «Методическими указаниями» изданными в основном в РФ в 2000-х годах, что противоречит существующему Закону РБ «Об обеспечении единства измерений» от 11 ноября 2019 г. № 254-З. Приводим несколько методик найденных нами в информационных базах ТНПА.

Методика определения стронция-90 в объектах ветнадзора путём радиохимического разделения разработана в соответствии с требованиями ГОСТ 8.010 [1]. Методика предназначена для определения содержания радионуклида стронция-90 в комбикормах-конcentратах, силосе, сенаже, корнеклубнеплодах, грубых кормах (сено, солома), молоке, мясе, костях, рыбе свежей, с применением радиохимического разделения образцов.

Показатели точности МВИ определялись в соответствии с требованиями ГОСТ 8.010 [1], рекомендациями, изложенными в [2, 3], СТБ ИСО 5725-2, СТБ ИСО 5725-3, СТБ ИСО 5725-4, СТБ ИСО 5725-6 [4–7].

Оценку показателей точности (правильности и прецизионности) МВИ и неопределенности измерений проводили по результатам измерений модельных проб: проб молока из Ветковского района ОАО Хальч, МТК Шерстин; Хойникского района МТК Стреличево, КСУП Стреличево; зелёная масса МТК Дворище Хойникского района; зелёная масса КСУП Судково Хойникского района.

Точностные характеристики МВИ определялись для образцов молока и зелёной массы. Измерения проводились на низкофоновой альфа-бета установки Canberra S5E Диапазон измеряемой активности, которой составляет 0,04-10000Бк.

Отбор проб проводили сотрудники лаборатории агроэкологии и массовых анализов. Отбор проб производился в специально выбранных контрольных пунктах, расположенных на территории сельскохозяйственных предприятий, которые ведут свою деятельность на загрязнённых радионуклидами землях в результате аварии на ЧАЭС. К объектам исследований относятся все виды фуража-грубые корма (солома, сено, сенаж и др.), сочные корма (трава, силос и др.), концентрированные корма (зернофураж, комбикорм, жмыхи и др.), продукты животноводства (мясо, молоко, кости).

Анализ архивных данных результатов испытаний проб объектов ветнадзора для применения их в расчётных алгоритмах усовершенствованной методики. Произведён анализ архивных данных результатов испытаний проб объектов ветнадзора для применения их в расчётных алгоритмах совершенствования и модернизации методики. Стандарт ISO/IEC 17025:2017 [1] со-

держит требования к лабораториям, выполнение которых позволит им продемонстрировать компетентность и способность получать достоверные результаты.

Одним из «китов», необходимых для функционирования лаборатории, являются методики. Для получения достоверного результата, согласно требованиям ISO/IEC 17025:2017 (далее – стандарта [1]), перед применением методики должны быть верифицированы, а в ряде случаев – валидированы. В стандарте требования по верификации и валидации методик регламентирует подраздел 7.2. Целью данной статьи является разъяснение различий между процедурами верификации и валидации и рассмотрение основных этапов процедуры верификации методики. Методика измерений должна быть устойчивой (робастной), другими словами, небольшие отклонения в процедуре не должны быть причиной непредвиденно больших изменений результатов. Если такое может произойти, то должны быть приняты адекватные меры предосторожности или предупреждения. Желательно также, чтобы в процессе разработки стандартного метода измерений были приложены все усилия для устранения или уменьшения систематической погрешности».

Верификация методик. Согласно требованиям пункта 7.2.1.5 стандарта [1] «до внедрения методов в работу лаборатория должна подтвердить, что она может надлежащим образом применять выбранные методы, обеспечивая требуемое исполнение».

Верифицировать необходимо «стандартную методику», соблюдая которую лаборатория будет выполнять измерения (определения). В качестве примера необходимых и достаточных процедур для верификации методики рассмотрим типовые разделы методики измерений согласно [5]:

1. Наименование методики (стандарта), а также, при наличии, шифр методики и номер в Едином реестре аттестованных методик Республики Беларусь и реквизиты свидетельства об аттестации (для аттестованных методик). Все имеющие реквизиты методики должны помочь лаборатории перед началом верификации установить актуальность конкретного издания (редакции) методики, т.е. выполнить требование пункта 7.2.1.3 [1].

2. Назначение и область применения методики.

Данный раздел в методике содержит информацию на какие объекты (или их типы) распространяют данную методику её разработчики. Важным здесь является то, что лаборатории нужно очень внимательно проанализировать планируемое применение методики в части анализируемых объектов и на этом этапе решить все ли они будут востребованы, т.е. нужно ли верифицировать методику на все объекты или на их часть. Решение необходимо документировать.

3. Условия выполнения измерений. В возможности выполнения требований данного раздела методики необходимо убедиться до начала верификации, и приступать к верификации, когда условия измерений в лаборатории обеспечены. При документировании требований к условиям окружающей среды по 6.3.2 [1] необходимо учесть требования эксплуатационной докумен-

тации на оборудование, методик и требования к помещениям (кроме измерений, производимых в полевых условиях). В процессе верификации необходимо обеспечить документируемый контроль обеспечения условий измерений на каждый день верификации.

4. Процедуры обработки результатов измерений.

Обработка результатов измерений происходит, как правило, по расчётной формуле, указанной в методике. И здесь важно то, что все величины, входящие в расчётную формулу, должны быть задокументированы, т.к. только это позволит выполнить требование пункта 7.5.1. [1] и при необходимости пересчитать (проверить) или повторить результат измерений. Если для расчёта в лаборатории используют, например, программу Excel или другое ПО, то необходимо проверять правильность ввода формулы, расчётов по ней, точности округления и документировать данную проверку (п. 7.11.6 [1]).

Стадия моделирования измерения является чрезвычайно важной, так как от правильности составления модели измерения зависит правильный учет всех составляющих неопределенности, а, следовательно, и суммарная неопределенность измерения. Должно быть ясно представлено, что именно измеряется, включая соотношение между измеряемой величиной и параметрами, от которых она зависит.

При совершенствовании и модернизации инструктивно-методических указаний по радиохимическому методу определения стронция-90 в объектах окружающей среды, нами разработан процесс для двух методик: 1. Определения стронция-90 в зерне (кормах). 2. Определения стронция-90 в молоке, костях и образцах, мышцах и органах. Разрабатываемые методики будут применены для низкофоновой альфа-бета установки Canberra S5E. Диапазон измеряемой активности, которой составляет 0,04–10000 Бк.

Лаборатория, в которой проводятся испытания, аккредитована на независимость и техническую компетентность в соответствии с требованиями с ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. В область аккредитации лаборатории входят объекты испытаний: продукты питания, корма, вода питьевая.

Существующие Методические указания нуждаются в совершенствовании методики, актуализации основных приёмов проведения испытаний, валидации и верификации данных. Согласно Закону «Об обеспечении единства измерений» от 11 ноября 2019 г. № 254-З, методики, применяемые в сфере государственного регулирования, подвергаются обязательной аттестации, в порядке, агентством по техническому регулированию и метрологии.

Разработанные нами методики, после проведения обязательной метрологической экспертиза, будут внесены в Государственный информационный фонд, аттестованных методик, по обеспечению единства измерений.

Образцы, полученные с применением этих методик, могут, также радиометрироваться на установках ДП-100 или УМФ-1500, кроме низкофоновых установок типа CANBERRA. Такого типа радиометры применяются во многих областных и республиканских радиологических и ветеринарных лабораториях, где проводятся аналитические работы по определению Sr-90 в

фураже, продуктах животноводства, рыбе, воде. Данные методики уже сейчас очень ожидаемы, потому что аккредитованные лаборатории не имеют права работать с методиками не прошедшими метрологический контроль.

Библиографический список

1. Валидация аналитических методик : пер. с англ. яз. 2-го изд. / под ред. Г. Р. Нежиховского. Руководства для лабораторий. СПб. : ЦОП «Профессия», 2016. 320 с.
2. ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений.
3. Ядерный словарь. Международный стандарт ISO - 150921, 1997. (E /F/R). Разработан ТКИСО/85, Ядерная энергия.
4. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / под ред. А. Н. Мареев, А. С. Зыковой. М. : Атомиздат, 1980. 337с.
5. Методические указания № 5778-91 «Стронций-90. Определение удельной активности в пищевых продуктах». М. : Федеративный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 32 с.
6. Схемы распада радионуклидов. Энергия и интенсивность излучения (в 2-х ч.) Ч. 1. (в 2-х кн.). Рекомендации МКРЗ. М. : Энергоатомиздат, 1987. 320 с.
7. ISO/IEC 17025: 1999 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МЕЛИОРАНТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СОДОВОГО ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВЫ

Е. В. Мартынова¹, Н. В. Сырчина¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru

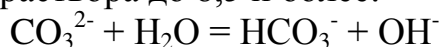
*² Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук, ecolab2@gmail.com*

Композиция на основе молотой серы, глауконитсодержащих хвостов обогащения фосфоритов и верхового торфа может найти применение для производства эффективных гранулированных мелиорантов для восстановления плодородия почв с содовым засолением. Внесение соответствующих мелиорантов позволяет не только снизить содержание соды, но и обогатить почву фосфором, калием, органическим веществом и микроэлементами.

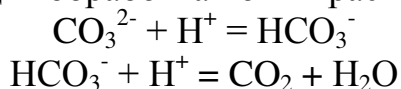
Ключевые слова: рекультивация почв, содовое засоление, мелиоранты, сера молотая, торф, глауконит, хвосты обогащения фосфоритов.

Защита обрабатываемых земель от засоления входит в число важнейших задач современного сельского хозяйства. По имеющимся оценкам, в нашей стране доля засоленных почв достигает 9% от общей площади сельскохозяйственных угодий. Наиболее активно процессы засоления развиваются в южных регионах, представляющих особую ценность для производства растениеводческой продукции в РФ. Особенностью засоленных почв является

высокое содержание хорошо растворимых солей (чаще всего хлоридов, сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов). Наибольшую опасность для растений представляют растворимые карбонаты, которые вступают в реакцию гидролиза, в результате чего в почве накапливаются щелочи, обуславливающие повышение рН почвенного раствора до 8,5 и более:

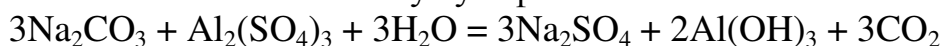


Для устранения содового засоления в почву вносят мелиоранты, способные разрушать карбонаты и гидрокарбонаты с выделением углекислого газа или переводить карбонаты в нерастворимые формы. К быстрому разрушению карбонатов приводит обработка почвы растворами кислот:

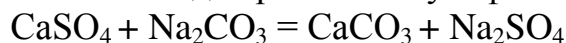


Преимуществом кислот является способность быстро и эффективно разрушать карбонаты и нейтрализовать щелочи. Практическое применение находит раствор H_2SO_4 . К недостаткам кислот, как мелиорантов, следует отнести относительно высокую стоимость, коррозионную агрессивность, необходимость применения специального оборудования для приготовления рабочих растворов и внесения их в почву, негативное влияние на почвенную биоту.

Аналогичный кислотам эффект (разложение карбонатов с выделением CO_2) обеспечивает внесение в почву сульфатов железа или алюминия:



Хороший мелиорирующий эффект достигается за счет внесения в почву гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Сульфат кальция ($\text{PP} = 2,5 \cdot 10^{-5}$) вступает во взаимодействие с содой с образованием практически нерастворимого карбоната кальция ($\text{PP} = 3,8 \cdot 10^{-9}$) и малотоксичного для растений сульфата натрия:



Основными недостатками гипсования являются длительность процесса и сверхстехиометрические затраты мелиоранта, обусловленные образованием корки известняка на поверхности частиц гипса, затрудняющей протекание реакции.

Хороший расщелачивающий эффект для почв с содовым засолением обеспечивает внесение молотой серы. Под влиянием серобактерий сера окисляется с образованием различных кислот (H_2SO_3 , H_2SO_4 и др.), активно разлагающих карбонаты и нейтрализующих щелочи. Выраженный эффект от внесения серы можно получить только при внесении ее в почву в мелкодисперсном состоянии. К недостаткам диспергированной (молотой) серы следует отнести сильное пыление, раздражающее действие на органы дыхания и зрения, высокую пожароопасность. В ряде опубликованных работ [1, 2] показано, что вносить серу можно и в форме гранул, которые во влажной среде быстро распадаются с образованием частиц высокой степени дисперсности. Для гранулирования применяют композицию, включающую серу молотую для сельского хозяйства, кислый верховой торф и глауконитсодержащие хвосты обогащения фосфоритов (эфель). Преимуществом соответствующего мелиоранта является не только удобная для внесения гранулированная форма, но и нату-

ральный состав, позволяющий использовать его в системах органического земледелия, а также наличие в составе компонентов (глаукониты, торф, фосфориты), оказывающих положительное влияние на почвенную микробиоту и структуру почвы [3–5].

Цель настоящей работы состояла в создании и исследовании свойств мелиоранта на основе торфа эфеля, молотой серы, рекомендуемого для снижения степени содового засоления почвы.

Исследования проводили в лабораторных условиях. Для моделирования содового засоления в качестве субстрата использовали образцы дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, отобранной на пахотном поле с глубины 5–25 см. Содержание органического вещества – 2,1%, P_2O_5 – 64 мг/кг, K_2O – 110 мг/кг, $pH_{\text{водн.}}$ – 5,8. В соответствующую пробу почвы добавляли насыщенный раствор карбоната натрия, перемешивали и оставляли на 7 суток для стабилизации pH. Через 7 суток значение pH водной вытяжки составило $9,5 \pm 0,1$. В подготовленную таким образом содово-засоленную почву (П1) вносили добавки мелиорантов, перемешивали, помещали в пластиковые контейнеры, накрывали перфорированной пленкой и оставляли при температуре 22 ± 2 °С в условиях естественного освещения. Пробы почвы для химического анализа отбирали 1 раз в неделю. Общая продолжительность эксперимента (со дня внесения добавок) составила 8 недель. Мелиорирующие свойства серы и серы с добавками торфа и эфеля сравнивали с мелиорирующими свойствами гипса. В состав эфеля входили глауконит (63%), кварцевый песок, фосфориты мелких фракций, глинистые и известняковые материалы. Содержание (%) P_2O_5 – 5,8; K_2O – 3,4; S общая – 1,0.

Содержание карбонат- и гидрокарбонат-ионов в водной вытяжке из почвы определяли по ГОСТ 26424-85; pH водной вытяжки – по ГОСТ 26423-85; каталазную активность – по Ф. Х. Хазиеву.

Эксперимент выполняли в трех повторностях. Полученные результаты статистически обрабатывали в программе «Microsoft Excel» по общепринятым методикам.

Варианты эксперимента: 1) Контроль (П1 без добавок мелиорантов); 2) П1 + гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) – 2,2 г/кг; 3) П1 + сера молотая (0,41 г/кг); 4) П1 + сера молотая (0,41 г/кг) + торф (0,41 г/кг); 5) П1 + сера молотая (0,41 г/кг) + торф (0,41 г/кг) + эфель (0,41 г/кг). Масса серы, вносимой в почву в составе различных добавок, была одинаковой.

В таблице 1 приведены данные о влиянии добавок на pH водной вытяжки из почвы.

Таблица 1

Динамика изменения рН водной вытяжки из почвы (единиц рН)*

Вариант	Время от начала эксперимента, недель				
	1	2	3	4	5
1 Контроль	9,4±0,2	9,2±0,1	9,1±0,2	8,8±0,1	8,8±0,1
2 П1 + гипс	8,5±0,1	8,4±0,1	8,1±0,1	8,1±0,2	8,0±0,1
3 П1 + сера молотая	9,4±0,1	8,6±0,1	8,4±0,1	8,2±0,1	8,0±0,1
4 П1 + сера молотая + торф	9,2±0,1	8,8±0,1	8,6±0,1	8,2±0,1	8,0±0,2
5 П1 + сера молотая + торф + эфель	9,3±0,1	8,4±0,2	8,4±0,1	8,2±0,2	7,9±0,1

Примечание: * – жирным шрифтом выделены варианты, достоверно ($P > 0,95$) отличающиеся от контроля.

Согласно полученным результатам, наиболее быстрое снижение рН наблюдалось при внесении в П1 гипса. В остальных вариантах соответствующий процесс развивался значительно медленнее. К концу эксперимента значение рН водной вытяжки во всех вариантах эксперимента с добавками было практически одинаковым. Разную динамику снижения щелочности можно объяснить различными механизмами действия мелиорантов. Гипс вступает в непосредственное химическое взаимодействие с содой, а S-содержащие мелиоранты должны пройти дополнительную стадию микробиологического окисления серы. В щелочной среде жизнедеятельность многих микроорганизмов подавляется, что приводит к торможению окисления серы.

В таблице 2 приведены данные об изменении каталазной активности почвы в разных вариантах эксперимента.

Таблица 2

**Динамика изменения каталазной активности почвы
($\text{см}^3\text{O}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$)***

Вариант	Время от начала эксперимента, недель			
	2	3	4	5
1 Контроль	2,8±0,2	3,1±0,2	3,1±0,2	2,9±0,1
2 П1 + гипс	2,7±0,2	3,1±0,1	2,9±0,1	3,0±0,1
3 П1 + сера молотая	2,3±0,1	3,0±0,1	2,5±0,1	2,7±0,2
4 П1 + сера молотая + торф	2,5±0,2	2,6±0,2	2,8±0,1	2,6±0,2
5 П1 + сера молотая + торф + эфель	2,6±0,1	2,7±0,2	3,0±0,1	3,3±0,1

Примечание: * – жирным шрифтом выделены варианты, достоверно ($P > 0,95$) отличающиеся от контроля.

Согласно приведенным в таблице 2 данным, стабильное увеличение каталазной активности наблюдалось в варианте 5. Мелиорант этого варианта содержал глауконит, оказывающий активирующее влияние на почвенную микробиоту [6–8].

В таблице 3 приведены данные о динамике содержания карбонат- и гидрокарбонат ионов в водной вытяжке из почвы.

**Динамика изменения содержания карбонат- и гидрокарбонат-ионов
в водной вытяжке из почвы (%)***

Вариант	Время от начала эксперимента, недель							
	2		3		4		5	
	HCO_3^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}
1 Контроль	1,64± 0,32	0,34± 0,02	1,83± 0,24	0,18± 0,05	1,73± 0,31	0,16± 0,02	1,57± 0,32	0,15± 0,04
2 П1 + гипс	1,04± 0,24	0,00	0,8± 0,18	0,00	0,90± 0,06	0,00	0,86± 0,15	0,00
3 П1 + сера молотая	1,34±0,28	0,14± 0,03	1,05± 0,19	0,03± 0,01	0,95± 0,05	0,00	0,67± 0,14	0,00
4 П1 + сера молотая + торф	1,09± 0,15	0,11± 0,02	1,13± 0,08	0,05± 0,01	1,01± 0,12	0,00	0,87±0,11	0,00
5 П1 + сера молотая + торф + эфель	1,35±0,27	0,00	0,97± 0,09	0,00	1,02± 0,09	0,00	1,00±0,14	0,00

Примечание: * – жирным шрифтом выделены варианты, достоверно ($P > 0,95$) отличающиеся от контроля.

Полученные результаты показывают, что внесение всех данных мелиорантов в содово-засоленную почву привело к снижению содержания карбонатов и гидрокарбонатов. Наиболее быстрое снижение концентрации этих ионов наблюдалось в вариантах 2 и 4. К концу эксперимента CO_3^{2-} сохранились только в контрольном варианте. Самое низкое содержание гидрокарбонатов через 5 недель после внесения добавок было в варианте 3. При включении в состав мелиорантов торфа и глауконита наблюдается тенденция к некоторому замедлению скорости разрушения карбонатов и гидрокарбонатов (различие между эффектами от внесения различных мелиорантов статистически не значимо).

В результате выполненных исследований установлено, что на основе серы, торфа и эфеля может быть получен мелиорант, позволяющий снизить щелочность почв с содовым засолением. Состав, включающий молотую серу, торф и эфель, может быть получен в удобной для внесения гранулированной форме. В отличие от молотой серы, гранулированный мелиорант не пылит и не является пожароопасным. Включение в состав мелиоранта торфа и глауконитсодержащего эфеля позволяет не только снизить щелочность почвы, но и обогатить ее ценными элементами минерального питания (фосфором, калием), а также органическим веществом, что имеет существенное значение для восстановления плодородия почв. Натуральный состав мелиоранта позволяет использовать его в системах органического земледелия.

Библиографический список

1. Богатырева Н. Н., Потапова И. А., Сырчина Н. В. Мелиорант на основе хвостов обогащения фосфоритов для восстановления плодородия содово-засоленных почв // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 кн. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2021. С. 441–444.
2. Перспективы использования хвостов обогащения фосфоритов в качестве удобрений для органического земледелия / Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Богатырева,

Г. Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 1. С. 160–166. doi: 10.25750/1995-4301-2020-1-160-166

3. 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.

4. Комплексная переработка природных фосфоритов с использованием щелочных отходов нефтехимического синтеза и газовой серы / Р. Х. Хузиахметов, Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Иванова // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 102–108. doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-102-108

5. 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. 107–114. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-107-114

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

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

8. 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

О СОДЕРЖАНИИ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТОРФЕ ВЕРХОВОГО И НИЗИННОГО БОЛОТ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА»

Т. И. Кутявина, И. А. Варпан

Вятский государственный университет, kutyavinati@gmail.com

В статье представлены данные о содержании Cu, Cd, Ni, Pb, Zn в образцах торфа, отобранных на верховом и низинном болотах в районе расположения государственного природного заказника «Былина». Отмечено, что содержание Cu, Ni, Pb и Zn в торфяной залежи на изученной территории не превышает кларковых значений перечисленных элементов и находится на уровне региональных фоновых значений для естественных ландшафтов, а содержание Cd в изученных образцах в 3–6 раз превышает кларк литосферы по А. П. Виноградову (1962). Согласно результатам биотестирования, исследованные образцы торфа не оказывают острого токсического воздействия на простейших *Paramecium caudatum* и бактерии *Escherichia coli*.

Ключевые слова: верховое болото, низинное болото, торф, тяжелые металлы, масс-спектрометрический метод анализа, биотестирование.

Государственный природный заказник (ГПЗ) регионального значения «Былина» был создан в 1994 г. в Подосиновском и Опаринском районах Кировской области с целью поддержания экологического баланса в северо-западной части региона, сохранения природных комплексов среднетаежных лесов и верховых болот на водоразделе рек бассейнов Северного Ледовитого океана и Каспийского моря, а также для охраны редких и исчезающих видов животных и растений и мест их обитания. Общая площадь ГПЗ «Былина» достигает 48151,08 га, основную площадь заказника занимают водно-болотные и лесные экосистемы [1, 2]. Ранее нами было изучены гидрохимические условия формирования водно-болотных экосистем болота Чистого на территории заказника и водно-болотных экосистем в пойме реки Пушма за северной границей ГПЗ «Былина» [3]. Данная работа посвящена изучению содержания тяжелых металлов в торфяных залежах на территории и в окрестностях ГПЗ «Былина».

Торф и продукты его переработки находят широкое применение в сельском хозяйстве [4, 5], поэтому изучение его химического состава и оценка безопасности применения – важные направления исследования. Кроме того, определение содержания металлов в торфе имеет значение для точной оценки возможного загрязнения атмосферного воздуха при использовании торфа в качестве топлива или при природных пожарах. С помощью полученных данных можно оценить загрязнение атмосферы в данном регионе и предположить картину возможного трансграничного переноса [6].

Цель данной работы – определить содержание тяжелых металлов в образцах торфа, отобранных на верховом и низинном болотах в районе ГПЗ «Былина» и оценить их влияние на живые организмы с помощью методов биотестирования.

Образцы торфа отбирали в августе 2021 г. с глубины 10–20 см. Образец № 1 был отобран на низинном болоте, расположенном в долине р. Пушма к северу от Кайского болота. Растительный покров здесь представлен молодым разреженным ольхово-ивовым лесом с таволгой вязолистной (*Filipendula ulmaria* (L.)) и осоками в травянистом ярусе. Мощность торфяной толщи составляет около 40 см, степень разложения – средняя.

Образец № 2 отбирали на восточной окраине верхового болота Чистое в северо-западной части ГПЗ «Былина». Кустарничково-сфагновый фитоценоз в данной части болота постепенно сменяется в восточном направлении на заболоченный молодой сосново-березовый лес. Глубина торфяных отложений здесь превышает 1 м. Торф состоит из грубых остатков мха, степень разложения – слабая.

Пробоподготовку, определение pH и биотестирование образцов торфа проводили в аккредитованной экоаналитической лаборатории Вятского государственного университета. Обменную кислотность определяли согласно ГОСТ 11623-89. Биотестирование образцов торфа проведено с использованием двух тест-объектов: простейших *Paramecium caudatum* (методика измерений ФР.1.39.2015.19243) и тест-системы «Эколюм», созданной на основе бак-

терий *Escherichia coli* (методика измерений ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04, Т 16.1:2.3:3.8-04). Содержание тяжелых металлов (Cu, Cd, Ni, Pb, Zn) определяли с помощью масс-спектрального метода анализа с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре X-7 (Thermo Elemental, США) в АСИЦ ИПТМ РАН (г. Черноголовка).

Как правило, торф низинных болот отличается более высокой степенью разложения растительных остатков, большим содержанием макро- и микроэлементов по сравнению с торфом верховых болот [7].

Согласно полученным нами результатам, по степени кислотности отобранные образцы торфа являются слабокислыми: pH_{KCl} проб торфа, отобранных из низинного болота, – 5,7–6,1, а проб, отобранных из верхового болота, – 5,8–5,9. В таблице 1 представлены результаты определения содержания Cu, Cd, Ni, Pb и Zn в исследованных образцах торфа. Измеренные концентрации указанных элементов в образцах торфа сравнивали с кларками химических элементов в литосфере по А. П. Виноградову (1962) и с региональным фоном для почв естественных ландшафтов (табл. 1), а также со средним содержанием металлов в дикорастущих растениях, произрастающих на незагрязненных территориях (табл. 2).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в образцах торфа, отобранных на верховом и низинном болотах на территории и в окрестностях ГПЗ «Былина» (мг/кг)

Элемент	Образец торфа № 1 (низинное болото)	Образец торфа № 2 (верховое болото)	Кларк литосферы по А. П. Виногра- дову (1962)	Региональный фон для почв естественных ландшафтов [8]
Cu	10,2±1,5	11,9±1,8	47	28
Cd	0,50±0,08	0,91±0,14	0,13	нет данных
Ni	15,8±2,4	14,6±2,2	58	33
Pb	1,7±0,26	15,7±2,4	16	12
Zn	69±10	46±7	85	58

Согласно данным таблицы 1, различия между образцами торфа № 1 и № 2 по содержанию Cu, Ni и Zn незначительные, находятся в пределах погрешности измерения. Содержание этих элементов в исследованных образцах торфа ниже их кларковых значений в литосфере. Содержание Pb в образце торфа № 2 достигает кларкового значения, в то время как в образце № 1 оно почти в 10 раз ниже. Превышение кларкового значения отмечено только для одного элемента – Cd. Данный элемент является токсикантом. Его содержание превышает величину кларка литосферы в 3 (образец № 1) и в 6 раз (образец № 2). Повышенное по сравнению с кларком литосферы содержание Cd в торфе верховых и низинных болот отмечают и другие исследователи. Так, содержание Cd в верховом торфе центральной части переходного Тимирязевского болота (Томская область) достигало 0,32 мг/кг [9], в верховом Бакчарском болоте (Томская область) – 0,19–0,29 мг/кг [10], в низинных болотах

Журавлиная Родина и Радовицкий мох (Московская область) – 1,0 и 0,3–0,5 мг/кг соответственно [11]. При сравнении концентраций изученных тяжелых металлов (ТМ) с региональным фоном можно отметить небольшое превышение по содержанию Pb в образце торфа № 2 (верховое болото) и Zn – в образце торфа № 1 (низинное болото).

Так как торф образуется в процессе естественного отмирания и неполного распада болотных растений, можно провести сравнение концентраций ТМ в образцах торфа со средними концентрациями ТМ в растениях, произрастающих на незагрязненных территориях. Для сравнения нами были использованы данные по содержанию ТМ в травянистых растениях различных регионов страны и данные по сфагновым мхам соседнего региона – Вологодской области (табл. 2).

Таблица 2

Среднее содержание тяжелых металлов в растениях незагрязненных территорий (мг/кг)

Элемент	Содержание в сфагновых мхах верховых болот фоновых территорий Вологодской области [12]	Среднее содержание в травянистых растениях из незагрязненных регионов [13]	Избыточная или токсичная концентрация для растений [13]
Cu	1,55	1–33	20–100
Cd	1,12	0,07–0,27	5–30
Ni	0,49	0,1–1,7	10–100
Pb	1,61	0,1–10	30–300
Zn	41	12–47	100–400

Можно отметить, что содержание определяемых ТМ в мхах и травянистых растениях довольно схожее, за исключением Cd (табл. 2). Данный элемент больше накапливается в сфагновых мхах по сравнению с травянистыми растениями. Вероятно, высокое содержание Cd в образце торфа № 2, представляющем собой слаборазложившийся мох, объясняется этой особенностью. Также отмечено, что содержание Cd, Ni и Pb (в образце № 1) в изученных образцах торфа выше, чем среднее содержание указанных ТМ в травянистых растениях, произрастающих на незагрязненных территориях. Содержание Ni в образцах торфа № 1 и № 2 достигает избыточной концентрации для растений и может оказывать на них токсическое воздействие.

Для того, чтобы определить является ли торф исследованных болот токсичным для живых организмов, было проведено биотестирование отобранных образцов торфа с использованием двух тест-объектов. Результаты биотестирования представлены в таблице 3.

Согласно результатам биотестирования, исследованные образцы торфа не оказывают острого токсического действия на простейших *Paramecium caudatum* и бактерий *Escherichia coli* (табл. 3).

Результаты определения острой токсичности образцов торфа по реакции простейших *Paramecium caudatum* и бактериальной тест-системы «Эколюм»

Образец торфа	Индекс токсичности (Т), группа и степень токсичности для тест-объекта	
	<i>Paramecium caudatum</i>	тест-система «Эколюм»
№ 1 (низинное болото)	$T = 0,17 \pm 0,10$ I группа допустимая степень токсичности	$T = 0$ I группа, образец не токсичен
№ 2 (верховое болото)	$T = 0,15 \pm 0,09$ I группа допустимая степень токсичности	$T = 0$ I группа, образец не токсичен

Таким образом, определено содержание пяти тяжелых металлов в торфяной залежи низинного и верхового болот, расположенных на территории и в окрестностях ГПЗ «Былина». Отмечено, что содержание всех изученных тяжелых металлов (за исключением кадмия) не превышает кларковых значений для литосферы по А. П. Виноградову и находится на уровне региональных фоновых значений для почв естественных ландшафтов. Изученные образцы торфа не являются токсичными для простейших *Paramecium caudatum* и бактерий *Escherichia coli*.

Библиографический список

1. Особо охраняемые природные территории Кировской области. Государственный природный заказник регионального значения «Былина»: буклет Департамента экологии и природопользования Кировской области. Киров: КОГБУ «Областной природоохранный центр», 2014. 16 с.
2. Рябова Е. В., Рябов В. М. Роль ООПТ Кировской области в формировании экологической культуры населения // От экологического образования к экологии будущего: сб. материалов и докладов VI Всерос. науч.-практ. конф. по экологическому образованию / под общ. ред. В. А. Грачева. М.: Неправительственный экологический фонд имени В. И. Вернадского, 2020. С. 2362–2366.
3. Гидрохимические условия формирования водно-болотных экосистем государственного природного заказника «Былина» / Т. И. Кутявина, И. А. Варган, Е. В. Шемякина, В. В. Тимина // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 103–109. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-103-109
4. Применение торфа и продуктов его переработки в сельском хозяйстве / М. А. Поливанов, С. В. Гаврилов, Д. Д. Темершин, С. В. Василенко // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2016. № 3. С. 152–175.
5. Грехова И. В. Гуминовый препарат из низинного торфа // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 1. С. 85–88. doi: 10.25750/1995-4301-2015-1-087-090
6. Оценка загрязнения торфа некоторыми тяжелыми металлами в зависимости от глубины залегания / С. А. Сыпалов, А. Ю. Кожевников, Н. Л. Иванченко, Ю. А. Попова, Н. А. Соболев // Химия твердого топлива. 2020. № 1. С. 38–42. doi: 10.31857/S0023117720010107
7. Компонентный состав и структурная организация торфа болотных массивов Европейского Севера России / Л. Н. Парфенова, К. Г. Боголицын, С. Б. Селянина, М. В. Труфанова, А. С. Орлов, Е. В. Мальцева, Т. В. Соколова // Arctic Environmental Research. 2014. № 4. С. 143–153.

8. Эколого-геохимическая карта почв Кировской области. Санкт-Петербург : ВСЕ-ГЕИ, 1996. 1 с.

9. Вещественный состав торфов Тимирязевского болота (Томск, Западная Сибирь) / О. Г. Савичев, М. А. Рудмин, А. К. Мазуров, А. С. Федченко, А. С. Рубан, А. Б. Даулетова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 3. С. 51–61. doi: 10.18799/24131830/2021/03/3101

10. Иванова Е. С., Харанжевская Ю. А. Содержание тяжелых металлов в торфяной залежи и подстилающей породе геохимически сопряженных участков верхового Бакчарского болота // Западно-сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее : материалы пятого международного полевого симпозиума. Томск : Издательский дом Томского государственного университета, 2017. С. 143–146.

11. Редкие и тяжелые металлы в торфяниках верховых и низинных болот / А. В. Михайлова, И. В. Подколзин, Н. П. Ахметьева, С. Б. Саввин // Аналитика Сибири и Дальнего Востока : сб. материалов IX Науч. конф. Красноярск : Сибирский федеральный ун-т, 2011 [Электронный ресурс]. – URL: http://conf.sfu-kras.ru/conf/asfe12/report?memb_id=4237 (дата обращения: 20.03.2023).

12. Содержание тяжелых металлов в сфагновых мхах Вологодской области / В. П. Шевченко, Д. А. Филиппов, В. В. Гордеев, Л. Л. Демина // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4 [Электронный ресурс]. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=4714> (дата обращения: 20.03.2023).

13. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях : Пер. с англ. М. : Мир, 1989. 439 с.

ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗАПАХОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА

*Н. В. Сырчина¹, Д. А. Кузнецов¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2},
Л. В. Пилип³, В. В. Рутман¹*

¹ Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru

*² Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, ecolab2@gmail.com*

*³ Вятский государственный агротехнологический университет,
pilip_larisa@mail.ru*

Стандартное газоаналитическое оборудование, предназначенное для контроля качества атмосферного воздуха, не позволяет однозначно выявить факт и характер запахового загрязнения воздуха (ЗЗ). Для решения проблемы ЗЗ необходимо внедрение ольфактометрических методов контроля качества воздуха и установление нормативов допустимого уровня ЗЗ.

Ключевые слова: запах, запаховое загрязнение, запахообразующие вещества, инструментальные методы контроля, газоаналитическое оборудование.

Объективный контроль запахового загрязнения (ЗЗ) атмосферного воздуха входит в число сложных методологических проблем, которые в нашей стране не решены до настоящего времени. Сложность проблемы обусловлена спецификой феномена запаха. Запах представляет собой субъективное ощу-

щение (приятное, неприятное или нейтральное), возникающее за счет восприятия органами обоняния тех или иных присутствующих в воздухе летучих веществ или их смесей. Воспринимаемые органами обоняния соединения называют запахообразующими веществами (ЗОВ). Концентрации индивидуальных ЗОВ в воздухе могут быть измерены с помощью специальных приборов (газоанализаторов), работающих независимо от органов обоняния человека, однако детектировать характер и интенсивность запахов, как субъективных ощущений, соответствующие приборы пока не позволяют [1, 2].

Далеко не все компоненты атмосферного воздуха способны вызывать ощущение запаха. Человек не воспринимает запах кислорода, азота, углекислого газа, воды, метана и многих других жизненно важных или смертельно опасных веществ (например, угарного газа) вместе с тем ЗОВ, образующиеся в процессе гниения в результате микробиологических процессов [3–6], вызывают крайне неприятные запаховые ощущения даже при минимальном (не опасном для здоровья) содержании в воздухе. Следует отметить, что среди указанного списка веществ, не обладающих запахом присутствуют и парниковые газы, основными источниками которых, например, в животноводстве, являются пищеварительные процессы в желудочно-кишечном тракте животных и системы хранения навоза и навозных стоков [7–9].

Основными источниками ЗЗ селитебных территорий являются перерабатывающие, животноводческие, птицеводческие, пищевые предприятия, предприятия топливно-энергетической сферы, неисправные канализационные системы, очистные сооружения, полигоны твердых бытовых отходов, свалки [10–13]. Наличие ЗЗ приводит к жалобам населения на качество атмосферного воздуха [14, 15]. Обычной реакцией на соответствующие жалобы является выезд контролирующих органов на территории запахового загрязнения для проведения замеров концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в воздухе и сопоставлении результатов замеров с действующими гигиеническими нормативами (СанПиН 1.2.3685-21). Законным основанием для предъявления претензий виновникам ЗЗ становится выявленный факт превышения концентрации ЗВ в воздухе селитебных территорий установленным нормам.

К факторам, затрудняющим объективный контроль ЗЗ, следует отнести отсутствие нормативов на содержание в воздухе многих ЗОВ с выраженным запахом; синергический эффект, обусловленный сочетанным воздействием индивидуальных ЗОВ на органы обоняния; способность человека воспринимать многие ЗОВ при содержании их в воздухе на уровне ниже ПДК; различную чувствительность людей к ЗОВ. Соответствующие факторы приводят к тому, что даже в условиях явного запахового загрязнения, ощущаемого подавляющим большинством населения, приборные (объективные) методы контроля не позволяют зафиксировать превышение ПДК ЗВ в воздухе [1].

Цель настоящей работы состояла в оценке возможности и эффективности применения стандартного газоаналитического оборудования для выявления фактов превышения содержания ЗВ в атмосферном воздухе в условиях запахового загрязнения.

Исследования проводили на территории г. Кирова в 2021–2022 гг. Согласно информации, предоставленной Управлением Роспотребнадзора по Кировской области, количество жалоб населения на неприятный запах в 2020 г. составило 672; в 2021 г. – 580; в 2022 г. – 130. По результатам мониторинга в 2020 г. проведено более 1480 исследований воздуха на содержание NO, NO₂, SO₂, NH₃, фенола, формальдегида, фурфурола, метилмеркаптана, H₂S на соответствие гигиеническим нормативам, при этом превышений ПДК ЗВ в атмосферном воздухе в г. Кирове выявлено не было. В 2021 г. при проведении исследований проб атмосферного воздуха, установлены 2 случая превышения суммы отношений фактических концентраций NH₃ и H₂S (вещества, обладающие эффектом суммации), а также 2 случая превышения максимально разовой концентрации (ПДК м.р.) H₂S и NO₂. В 2022 г. проведено 1390 исследований атмосферного воздуха в рамках организованного Управлением социально-гигиенического мониторинга и 177 исследований в ходе надзорных мероприятий. По результатам проведенных исследований превышения ПДК ЗВ в атмосферном воздухе в г. Кирове не установлено.

Анализ динамики числа жалоб на запаховое загрязнение показывает, что качество воздуха в г. Кирове улучшается, однако сопоставление количества поступающих жалоб с количеством случаев выявления превышения ПДК ЗВ в воздухе свидетельствует о низкой эффективности объективных методов контроля ЗОВ в воздухе.

Для выявления и количественной оценки запахового загрязнения должны применяться ольфактометрические методы, предполагающие использование специальных приборов (ольфактометров), в которых в качестве детектора запаха выступает обонятельная система человека, при этом интенсивность запаха оценивается в единицах запаха на кубический метр воздуха (ЕЗ/м³). Процедура количественной оценки запаха изложена в ГОСТ Р 58578-2019, разработанном акционерным обществом «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха» (АО «НИИ Атмосфера»), утвержденном и введенном в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 октября 2019 г. № 889-ст.

Внедрение ольфактометрических методов в практическую деятельность контролирующих организаций возможно только в том случае, если будут разработаны и утверждены нормативы допустимого запахового загрязнения воздуха. Пока соответствующие нормативы в РФ отсутствуют.

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

Библиографический список

1. Чепегин И. В., Андрияшина Т. В. Выбросы пахучих веществ в атмосферу. Проблемы и решения // Вестник Казанского Технологического университета. Т. 16. № 10. 2013. С. 80–83.

2. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Контроль запахового загрязнения атмосферного воздуха (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 26–34. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-026-034
3. Влияние подкисления навозных стоков на их микробиологические характеристики / Л. В. Пилип, В. А. Козвонин, Н. В. Сырчина Е. П. Колеватых, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 161–167. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-161–167
4. Трансформация микробиоты отходов животноводства под влиянием химических реагентов для устранения запаха / Е. П. Колеватых, Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 159–165. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-159-165
5. Пилип Л. В., Казакова М. Э. Роль микрофлоры навозных стоков в образовании запахов // Бутлеровские сообщения. 2021. Т. 66. № 4. С. 36–40.
6. Трансформация микробиоты отходов животноводства под влиянием химических реагентов для устранения запаха / Е. П. Колеватых, Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 159–165. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-159-165
7. Patra A. K. The effect of dietary fats on methane emissions, and its other effects on digestibility, rumen fermentation and lactation performance in cattle: A meta-analysis // Livestock Science. 2013. Vol. 155. № 2–3. P. 244–254. doi: 10.1016/j.livsci.2013.05.023
8. Кантор Г. Я., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Моделирование углеродного баланса полигонов твёрдых коммунальных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 198–204. doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-198-204
9. Вклад углекислого газа и воды в парниковый эффект / Н. В. Сырчина, Г. Я. Кантор, В. Н. Пугач, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 218–223. doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-218-223
10. Максишко Л. М. Экобезопасная технология переработки навозных отходов животноводства с абсорбцией парниковых газов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 205–209.
11. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Оценка эффективности различных препаратов для снижения запахового загрязнения окружающей среды отходами свиноводства // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2022. № 25-2. С. 206–215.
12. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Влияние подкисления на эмиссию сероводорода в органических отходах свинокомплексов // Проблемы региональной экологии. 2021. № 4. С. 102–106.
13. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Роль аммонификаторов в эмиссии аммиака из свиных навозных стоков // Известия КГТУ. 2023. № 68. С. 46–54.
14. Гошин М. Е., Бударина О. В., Демина Н. Н. Анализ состояния здоровья населения, проживающего в условиях загрязнения атмосферного воздуха пахучими веществами (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 9. С. 930–938.
15. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Экологическая проблема отрасли свиноводства // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XIV Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах. Барнаул, 2019. Книга 2. С. 193–196.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЗАПАХООБРАЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ ГОРОДА

В. В. Рутман, М. Х. Хето

Вятский государственный университет, rutman.slavik@yandex.ru

В статье представлены результаты химического анализа воздуха в г. Кирове в 2022 и 2023 гг. Установлен качественный и количественный состав воздуха по основным запахообразующим веществам на основе замеров воздуха газоанализатором и данных химического анализа снегового покрова.

Ключевые слова: исследование атмосферного воздуха, городская среда, запахи, портативный газоанализатор, снег, химический анализ.

Состояние атмосферного воздуха городской среды требует особого экологического контроля. Важно не только влияние воздуха на здоровье человека, но и на его комфортное проживание. Присутствие посторонних неприятных запахов в воздухе значительно ухудшают благополучие жителей города, и свидетельствует о наличии загрязнения. На данный момент объективных методов контроля запахового загрязнения еще не разработано [1]. При этом активно применяются на практике средства и методы измерения качественного и количественного состава атмосферного воздуха. Концентрацию некоторых веществ можно измерить напрямую химическими методами, а о содержании других веществ можно сделать вывод на основании химического анализа снегового покрова.

Целью нашей работы является комплексное изучение состава городского воздуха по различным показателям. Ведется мониторинг углеродсодержащих газов, образующих «углеродный след», и продуктов распада запахообразующих веществ [2]. Измерения концентрации в воздухе проводили при помощи портативного газоанализатора ГАНК-4 для ряда веществ, среди которых аммиак и сероводород. А при помощи портативных комплектов химического анализа, производимых НПО ЗАО «Крисмас+», был проанализирован состав снеговой воды по пяти показателям: сульфаты, нитраты, хлориды, общее железо и pH.

Основными запахообразующими веществами считаются соединения серы [3–6]. Результаты анализа концентрации сульфатов в снеге представлены на диаграмме (рис. 1). Для исследования было выбрано 10 участков в г. Кирове вдоль ул. Ленина. Точка № 1 находится на пересечении с ул. Героя Николая Рожнева, а точка № 10 – на пересечении с ул. Профсоюзная [7].

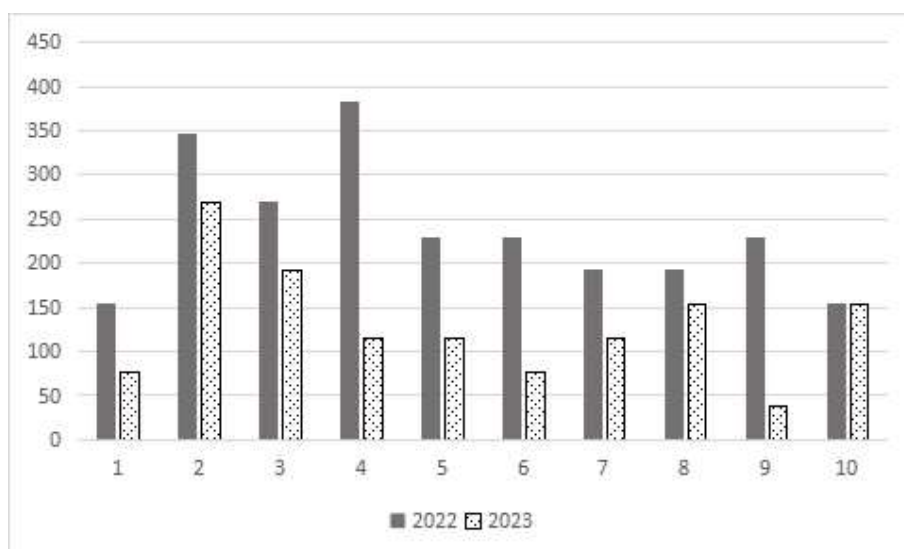


Рис. 1. Содержание сульфатов в пробах снега, мг/л

Во всех взятых пробах вдоль ул. Ленина с юга на север в 2023 г. концентрация сульфатов снизилась на 50–100 мг/л. Если в 2022 г. содержание сульфатов в снеговой воде было примерно одинаковым для разных участков с незначительным повышением в южной части города от дендрария зонального института до моста через р. Хлыновку (точки №№ 2–4), то в 2023 г. установлено более высокие концентрации сульфатов.

Результаты замеров содержания сероводорода в марте 2022 и 2023 гг. в атмосферном воздухе показаны на рисунке 2.

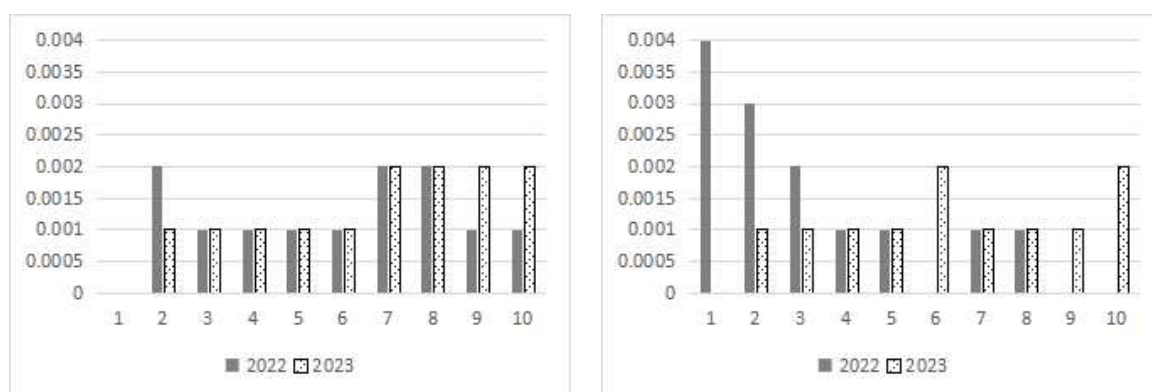


Рис. 2. Концентрация сероводорода в воздухе, мг/м³:
слева – с 8:00 до 11:00, справа – с 16:00 до 19:00

По общей сумме измеренного сероводорода в воздухе в 2022 г. его содержание превышало аналогичные показатели 2023 г. В то же время в снеговой воде было отмечено аналогичное повышение концентрации сульфатов.

Из соединений азота были измерены аммиак в воздухе и нитраты в снеге. Аммиак в воздухе обнаружен не был, за исключением точки в районе Малых Чижей (точка № 2) в 2022 г., где его содержание составило 0,01 мг/м³. Результаты анализа нитратов в снеге представлены на рисунке 3.

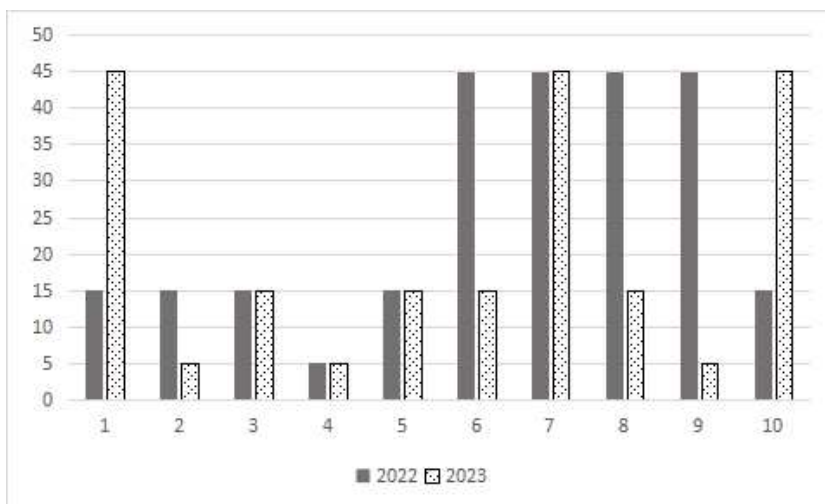


Рис. 3. Содержание нитратов в пробах снега, мг/л

Содержание нитратов в снеге снизилось в 2023 г. по сравнению с 2022 г. В овраге вдоль ул. Горбачева (точка № 7) сохраняется их повышенное содержание.

Уровень pH изменился в сторону увеличения щёлочности. В 2022 г. показатель pH составлял 5,0 в среднем во всех пробах, а в 2023 г. – 6,6.

В 2023 г. в пробах снеговой воды был проведён анализ концентрации хлоридов. Результаты представлены на рисунке 4.

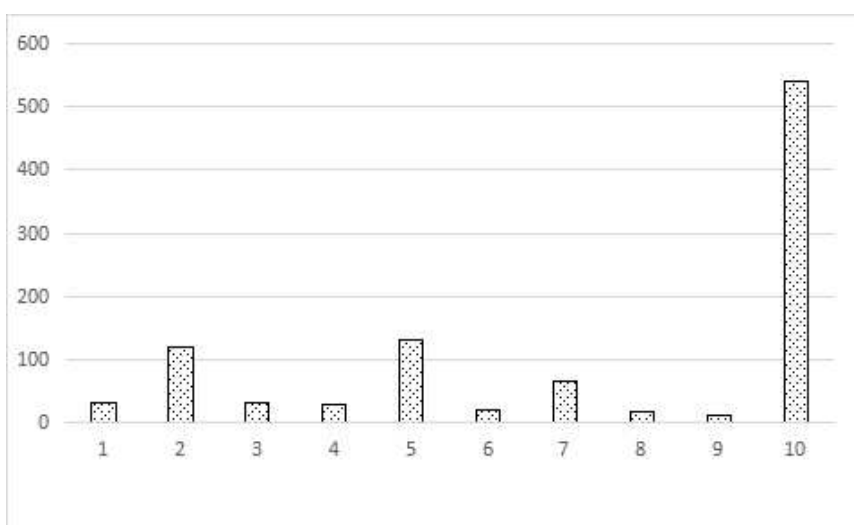


Рис. 4. Содержание хлоридов в пробах снега, мг/л

На большинстве участков концентрация хлоридов составила 30–60 мг/л. На участках в районе Малых Чижей (точка № 2) и моста через р. Хлыновку (точка № 5) концентрация хлоридов превысила отметку в 100 мг/л. В этих точках наблюдается понижение рельефа местности. Наибольшее содержание хлорид-ионов было отмечено на пересечении ул. Ленина и ул. Профсоюзная (точка № 10) и составило 540 мг/л. Возможно, это связано с близостью промышленных предприятий и особенностью распределения хлоридов в пространстве.

Содержание железа общего во всех пробах незначительно и не превышает 0,1 мг/л.

Для комплексной оценки состояния воздуха недостаточно разовых замеров, поскольку их результат зависит от направления ветра и прочих погодных условий. Анализ снегового покрова позволяет сделать вывод о длительном присутствии в атмосфере различных веществ на различных территориях. По содержанию таких запахообразующих веществ, как сера и азот, ситуация в 2023 г. улучшилась, по сравнению с 2022 г., но незначительно.

Библиографический список

1. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Контроль запахового загрязнения атмосферного воздуха (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 26–34. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-026-034
2. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Оценка эффективности различных препаратов для снижения запахового загрязнения окружающей среды отходами свиноводства // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2022. № 25–2. С. 206–215.
3. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Влияние подкисления на эмиссию сероводорода в органических отходах свинокомплексов // Проблемы региональной экологии. 2021. № 4. С. 102–106.
4. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Роль аммонификаторов в эмиссии аммиака из свиных навозных стоков // Известия КГТУ. 2023. № 68. С. 46–54.
5. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Кантор Г. Я. Состояние атмосферного воздуха в районе размещения свиноводческого предприятия // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2020. С. 21–24.
6. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Содержание сероводорода в атмосферном воздухе вблизи свиноводческих предприятий // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 кн. Кн. 1. Киров : ВятГУ, 2020. С. 129–132.
7. Оценка состояния атмосферного воздуха городской среды / В. В. Рутман, М. Х. Хето, В. Н. Кулаков, Т. Я. Ашихмина // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : Вятский государственный университет, 2022. С. 32–37.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ПОСЕВАХ АФРИКАНСКОЙ МАСЛИЧНОЙ ПАЛЬМЫ (*ELAEIS GUINEENSIS*) МЕТОДОМ DNDC В КРЕСТЬЯНСКОЙ ЗОНЕ ДОЛИНЫ РЕКИ СИМИТАРРА

Вильям Давид Сегура Мартинес

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
wdseguram@gmail.com*

Целью данной статьи является определение объема выбросов метана, закиси азота и углекислого газа, выделяемых в процессе производства африканской масличной пальмы (*Elaeis guineensis*) с помощью модели DNDC

(DeNitrification-DeComposition) в Крестьянской зоне долины реки Симитарра, Колумбия.

Ключевые слова: парниковые газы, метан, закись азота, углекислый газ, африканская масличная пальма.

Крестьянская зона долины реки Симитарра площадью 504259 га расположена в департаментах Антиокия и Боливар на северо-востоке Колумбии в муниципалитетах Кантагалло и Сан-Пабло (Боливар), Йондо и Ремедиос (Антиокия) [1]. Территория расположена на высоте от 0 до 1000 метров над уровнем моря, средняя температура воздуха варьирует от 27 до 29°C в течение всего года, среднемесячная относительная влажность – от 80 до 90%, длительность воздействия солнечного света в среднем в день составляет от 5 до 6 часов, в год – от 1800 до 2160 часов [2].

Масличная пальма, которая естественным образом растет вблизи рек, где она менее подвержена конкуренции со стороны флоры джунглей, требует большого количества света и обладает высокой устойчивостью к повышенной влажности и затоплению [3]. Масличная пальма, в основном, произрастает на равнинной местности на берегах реки Магдалена в муниципалитетах Йондо, Антиокия и Кантагалло и Сан-Пабло в департаменте Боливар.

Возделывание культуры масличной пальмы требует внесения большого количества удобрений с высоким содержанием азота. Азот удобрений благодаря процессам денитрификации и методам внесения, используемым при возделывании масличной пальмы, выбрасывается в окружающую среду в виде закиси азота (N_2O).

Для определения объема выбросов метана (CH_4), закиси азота (N_2O) и углекислого газа (CO_2), выделяемых в процессе производства африканской масличной пальмы (*Elaeis guineensis*), использовалась модель DNDC (DeNitrification-DeComposition). Модель DNDC рассматривает рост растений как фактор, регулирующий содержание углерода и азота в почве. Потребность культур в азоте рассчитывается на основе оптимального суточного роста культуры и соотношения между C и N в растении. Следует отметить, что фактическое поглощение азота культурой ограничено наличием азота или воды в процессе роста [4].

Для определения выбросов парниковых газов (CH_4 , N_2O , CO_2), выделяемых культурами африканской масличной пальмы, расположенными в пределах исследуемой территории, методом DNDC были проведены следующие исследования:

1. Определение площади производства масличной пальмы.
2. Определение условий моделирования, включая климатологическую характеристику местности, определение минимальной и максимальной температуры воздуха, относительной влажности, количества осадков, солнечного света, средней скорости ветра, а также агротехническую характеристику посевов включая: подготовку земли, орошения и дренажа, посадку, борьбу с

вредителями и болезнями, применение агрохимикатов, внесение удобрений, сбор и обращение с растительными остатками.

3. Применение модели DNDC для расчетов объема выбросов метана, закиси азота и углекислого газа.

Каждый из этапов исследования и полученные результаты более подробно представлены ниже.

1. Определение площади производства масличной пальмы.

Для определения площади производства африканской масличной пальмы использовалась карта покрытия Института экологических исследований Колумбии по методологии Corine Land Cover [5], картография взята из исследования землевладения крестьянской зоны и визуализация выполнена в программах просмотра, таких как Google Earth Pro [6]. Площадь посевов масличной пальмы на исследуемой территории представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Площадь выращивания масличной пальмы

С целью сопоставления полученной информации данные о посевных и производственных площадях были взяты с портала CENIPALMA (Корпоративный центр исследований масличной пальмы). По состоянию на 17 марта 2021 г. муниципалитет Йондо имеет 1150,89 га, засаженных масличной пальмой, муниципалитет Кантагалло – 957,89 га, а муниципалитет Сан-Пабло – 9529,02 га. В общей сложности площадь произрастания масличной пальмы составляет 11637,8 га, она расположена на реках Симитарра и Магдалена к востоку от территории крестьянской зоны, преобладает разновидность пальмы *E. guineensis* [7].

2. Определение условий моделирования.

Для определения объемов выбросов парниковых газов в районах промышленного производства масличной пальмы методом DNDC (DeNitrification-DeComposition), разработанным Институтом изучения Земли, океанов и космоса Университета Нью-Гемпшира, были проведены следующие определения:

- для проведения расчетов определен период в 10 лет с начала производственного цикла;
- объем производства принят 25 тонн/га/год (метрических тонн свежих фруктов на гектар в год);
- средняя плотность посадки 130 деревьев на гектар;
- почвой для моделирования служила характерная для региона супесчаная почва с плотностью 1,31 г/см³, рН 6 и индексом микробной активности 0,8.

Внесение удобрений:

- аммиачной селитры (NH₄NO₃) по 52 кг/га/год ежегодно;
- сульфата аммония (NH₄)₂SO₄ по 56 кг/га/год ежегодно;
- две обрезки в год, когда с растения срезается только 1%;
- одно покрытие поверхности перед сбором плодов для облегчения сбора урожая;
- в связи с наличием воды в районе, представляющем собой зону болот и рек, оросительные системы для выращивания не добавлялись, в модели учитывался только дождевой режим;
- считалось, что только 1% биомассы урожая остается на земле.

3. Применение модели DNDC и результаты.

На рисунке 2 представлены результаты моделирования в единицах ПГП – эквивалента потенциала глобального потепления, прогнозируемого на 100 лет для каждого из парниковых газов.

При анализе рисунка 2 видно, как уменьшается содержание CO₂ с годами. Следует отметить, что в начальных условиях моделирования не учитывались большие внешние вклады углерода в почву, углерод, который поступает на протяжении всего периода моделирования, является продуктом разложения растительных остатков, уменьшение CO₂ также показывает уменьшение содержания питательных веществ в почве.

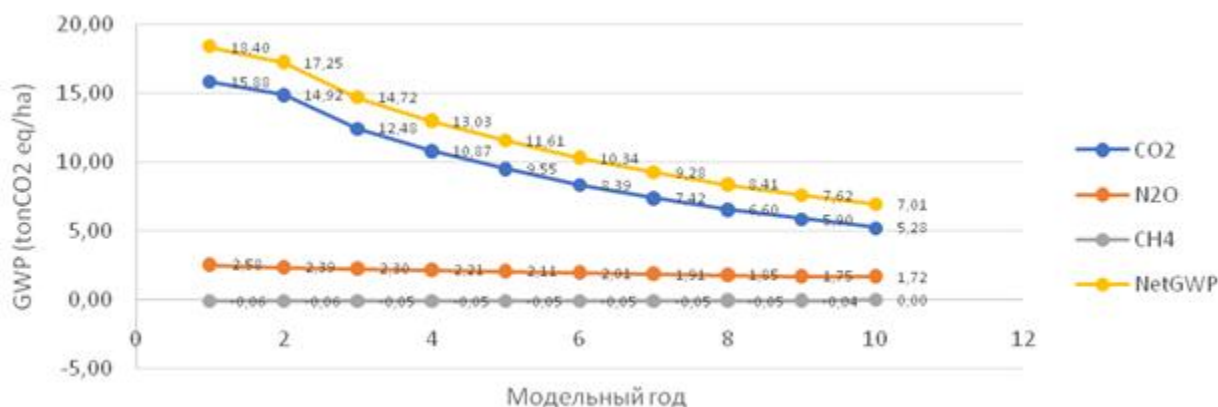


Рис. 2. Объем выбросов парниковых газов африканской масличной пальмой в районе исследования

Выбросы углекислого газа являются индикатором, определяющим качество почвы и количество питательных веществ в ней. Со стороны почвы

наблюдается сильное истощение, связанное с поддержанием уровня продуктивности, порождающее процессы потери органического вещества из почв, которые могут превратить эти почвы в совершенно неплодородные участки.

Примечательно, что в отличие от CO₂ и N₂O объемы выбросов CH₄ хотя и небольшие (-0,05 т CO₂-экв./га), но отрицательные, то есть газ не выделяется, а поглощается. Возможно, это объясняется большим количеством воды, потребляемой этой культурой, что в некоторых случаях приводит к высыханию близлежащих водных зеркал. В такой ситуации процесс разложения органических веществ в воде прекращается, и, соответственно, уменьшается образование газа метана.

После определения среднегодовых значений производства каждого из выбранных для исследования парниковых газов (CH₄, N₂O, CO₂) на гектар и площади, используемой для производства масличной пальмы (11637,8 га), установлены среднегодовые объемы выбросов парниковых газов в Крестьянской зоне в долине реки СIMITARRA, образующиеся в результате выращивания масличной пальмы. Полученные значения представлены в таблице.

Таблица

Среднегодовой объем выбросов парниковых газов африканской масличной пальмой на исследуемой территории, рассчитанный методом DNDC

Тип парниковых газов	Среднее производство в единицах ПГП (т CO ₂ -экв./га)	Всего, среднегодовой объем выбросов ПГП (т CO ₂ -экв.)
CO ₂	9,73	113235,79
N ₂ O	2,08	24206,62
CH ₄	-0,05	-581,89
NetGWP	11,77	136860,52

Суммарное среднегодовое производство парниковых газов культурами масличной пальмы, расположенными в Крестьянской зоне долины реки СIMITARRA, рассчитанное методом DNDC, составляет 136860,52 т CO₂-экв.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что определение выбросов парниковых газов любой сельскохозяйственной культурой является индикатором, позволяющим измерить экологическое состояние почвы и ее питательный статус, что необходимо учитывать при поддержании установленного уровня производства.

Библиографический список

1. Actualización del Plan de Desarrollo Sostenible de la Zona de Reserva Campesina del Valle del Río Cimitarra (ZRC-VRC) (2012–2022). [Электронный ресурс]. – URL: <https://reservacampesinariocimitarra.org/plan-de-desarrollo-sostenible-de-la-zona-de-reserva-campesina-del-valle-del-rio-cimitarra-2012-2022/> (дата обращения: 02.03.2023).
2. Atlas de radiación solar de Colombia. [Электронный ресурс]. – URL: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html> (дата обращения: 27.02.2023).
3. Ramírez F. Manual de buenas prácticas agrícolas y ambientales para el cultivo de palma de aceite en el refugio nacional de vida silvestre Barra del Colorado, Costa Rica. [Электрон-

ный ресурс]. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/320161695> (дата обращения: 20.02.2023).

4. Institute for the Study of Earth, Oceans and Space, User`s Guide for the DNDC Model. University of New Hampshire, 2012. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dndc.sr.unh.edu/model/GuideDNDC95.pdf> (дата обращения: 27.02.2023)

5. IDEAM. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptado para Colombia. Escala 1:100.000. Bogotá. D.C: Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2014.

6. Estudio de tenencia de la tierra y el territorio, usos y conflictos en la Zona de Reserva Campesina del Valle del Río Cimitarra, 2014. [Электронный ресурс]. – URL: <https://reservacampesinariocimitarra.org/estudio-participativo-de-tenencia-de-la-tierra-y-el-territorio-usos-y-conflictos-en-la-zona-de-reserva-campesina-del-valle-del-rio-cimitarra-2014/> (дата обращения: 02.03.2022).

7. CENIPALMA. Catastro Palmero de Colombia. [Электронный ресурс]. – URL: <https://geoservicios.cenipalma.org/wa/apps/opdashboard/index.html#/418b782cd8ae409da58814e76995d2e5> (дата обращения: 25.05.2021).

СЕКЦИЯ 3 ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ (на примере местечка Лесозавод г. Сыктывкара)

*Т. Н. Щемелинина, Е. М. Анчугова, Б. М. Кондратенко, А. В. Гогонин
ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, tatyanakomi@mail.ru*

Проведена оценка кородревесных отходов м. Лесозавод г. Сыктывкара на возможность их использования в экологической биотехнологии и сельском хозяйстве. Показана целесообразность применения кородревесных отходов в качестве структураторов нефтезагрязненных почв и для производства земляной смеси и агробιοпродуктов с целевыми микроорганизмами на ее основе.

Ключевые слова: кородревесные отходы, методы переработки, структураторы нефтезагрязненных почв, биостимуляторы, биоактиваторы, антифитопатогены.

Отходы деревообработки представляют собой древесные остатки различного размера, характера и степени разложения, образующиеся в процессе изготовления продукции лесопромышленного производства. В Республике Коми кородревесные отходы (КДО) составляют 2 млн тонн в год [1]. Склад коры в местечке Лесозавод г. Сыктывкара наполнялся с 1950 по 2010 годы и представляет собой отвал КДО площадью до 11 га, высотой от 17 до 27 м, объемом до 1120 тыс. м³.

Разработка экологически безопасных технологий по переработке КДО является актуальным решением, как на региональном, так и федеральном уровнях. Существуют следующие основные группы методов, пригодных для применения в области обращения с КДО: термические, химические, биологические [2].

Термические методы представлены технологиями сжигания, пиролиза и газификации [3, 4]. КДО со склада коры в м. Лесозавод обладают высокой влажностью на всю высоту отвала (от 56,9 до 80,9%), повышенным содержанием минеральных компонентов, что затрудняет процесс пиролиза и сжигания, требуя дополнительных экономических затрат (обезвоживания, либо дополнения 50% сухого сырья). Газификация включает в себя взаимосвязанные процессы нагрева древесных отходов, их сушки, пиролиза, горения и химиче-

ской конверсии продуктов горения в генераторный газ [5], что также является затратным.

Основными химическими методами переработки КДО являются экстракция и гидролиз. В ходе экстракции из КДО можно получить гуматы калия [6]. Посредством гидролиза кородревесных отходов в присутствии катализаторов (кислых солей, минеральных кислот) получают различные пищевые, кормовые и технические продукты – этанол, муравьиную кислоту и пр. [7–9].

Помимо основных направлений существуют менее распространенные способы использования КДО, например, в качестве структуратора нефтезагрязненных почв [10] или сорбента для водных и почвенных экосистем [11]. Нами установлено, что при внесении КДО в сильнозагрязненный нефтью грунт повышается дегидрогеназная активность почвы, снижается фитотоксическая нагрузка, стимулируются параметры роста трав, улучшаются их качественные характеристики. Эффективность очистки почвы от нефтепродуктов составляет 34,5 % за 50 суток.

Компостирование, как биологический метод переработки КДО [12, 13] – одно из наиболее перспективных и наиболее рациональных способов переработки КДО. Это обусловлено простотой процесса подготовки субстрата КДО, доступностью и дешевизной сырья, а также невысокими затратами на сам процесс компостирования, не требующий сложного и дорогостоящего оборудования. При компостировании КДО можно получить земляную смесь, а на ее основе – агробιοпродукты с добавленной стоимостью (биоактиваторы, биостимуляторы, антифитопатогены). Данный способ утилизации позволяет снизить техногенную нагрузку на территории, сократить эмиссию вредных веществ в окружающую среду и реализовать ресурсный потенциал КДО.

Установлено, что верхний слой КДО на складе коры в м. Лесозавод представляет собой хорошо разложенный материал с коэффициентом гумусонакопления 0,61 и высокими агрохимическими характеристиками: водородный показатель водной вытяжки, $pH_{(вод.)}$ – 8,15; водородный показатель солевой вытяжки, $pH_{(сол.)}$ – 7,56; массовая доля азота общего – 6300 мг/кг; значения массовой доли подвижных соединений фосфора (в пересчете на P_2O_5) – 7000 мг/кг, калия (в пересчете на K_2O) – 1030 мг/кг, Mg – 3500 мг/кг, Ca – 130 000 мг/кг. Такой субстрат после измельчения может использоваться в сельском хозяйстве в качестве земляной смеси. При внесении в земляную смесь целевых микроорганизмов, например, продуцента гидролитических ферментов и антагониста микромицетов *Bacillus subtilis* [6] может быть получен агробιοпродукт – антифитопатоген. Для получения биостимуляторов и биоактиваторов на основе земляной смеси используют живые и неживые культуры бактерий, грибов, микроводорослей и их метаболитов: *Agromyces fucosus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas fulva*, *Rhodococcus coprophilus*, *Candida* spp., *Hanseniaspora* spp., *Metschnikowia* spp., *Pichia* spp., *Bifidobacterium bifidus*, *Lactobaccillus* spp., *Propionibacterium pelophilus*, *Caulerpa scalpelliformis*, *Chlorella ellipsoidea*, *Durvillea antarctica*, *Durvillea potatorum*, *Ecklonia maxima*,

Enteromorpha flexuosa, *Fucus serratus* sp., *Fucus vesiculosus*, *Spirulina maxima* и др. [14]. Полученные агробиопродукты обладают ауксиноподобной, гиббереллиноподобной активностью. Они влияют на гормональный статус растения, увеличивают концентрацию общего количества углеводов, количество питательных веществ (магния, азота, фосфора и т.д.), количество пигментов (хлорофилла, каротиноидов), стимулируют поглощение азота, синтез аминокислот, поддерживают плодородие почвы, фиксацию азота, увеличивают растворимость минералов за счет синтеза органических кислот, повышают устойчивость к стрессам: жаре, засухе, засолению, воздействию, дорожного движения и т. п. [14].

Нижележащие слои КДО отвала в м. Лесозавод содержат плохо переработанные длиноволокнистые включения целлюлозы, лигнин, фенольные соединения. Для создания агробиопродуктов на их основе требуется обязательное предварительное компостирование с применением микроорганизмов – деструкторов целлюлозы (*Cellulomonas* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., *Alternaria* sp.), лигнина (*Pseudomonas fluorescens*) и фенольных соединений (*Streptomyces* sp.) [6, 15, 16].

Таким образом, проведенные исследования КДО отвала в м. Лесозавод г. Сыктывкара показали, что субстрат верхнего слоя (до 1 метра) можно использовать в качестве структуратора нефтезагрязненных почв, земляной смеси, а также основы для получения функциональных агробиопродуктов. Создание агробиопродуктов из нижележащих слоев КДО возможно только после их предварительного компостирования.

Благодарность. Авторы выражают благодарность сотрудникам эко-аналитической лаборатории Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН за проведение химических анализов образцов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания «Научно-обоснованные биотехнологии для улучшения экологической обстановки и здоровья человека на Севере» (1021051101411-4-1.6.23).

Библиографический список

1. Государственный подход к утилизации отходов лесной промышленности: опыт Республики Коми [Электронный ресурс]. – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5071> (дата обращения: 28.02.2022).
2. Ширинкина Е. С. Минимизация негативного воздействия кородревесных отходов целлюлозно-бумажной промышленности на окружающую среду // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2014. № 2(14). С. 108–118.
3. Утилизация и обезвреживание отходов термическими методами. ИТС 9 – 2020. М. : Бюро НТД, 2020. 208 с.
4. Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона. ИТС 1 – 2015. М. : Бюро НДТ. 2015. 479 с.
5. Совершенствование техники и технологии процесса газификации высоковлажных древесных отходов : монография / Н. Ф. Тимербаев, Р. Г. Сафин, А. Р. Хисамеева, Т. Д. Исхаков. Казань : Казан. нац. исслед. технол. ун-т, 2012. 95 с.

6. Экстракция гумата калия из материала, полученного путём микробиологической переработки кородревесных отходов / А. Ю. Максимов, А. В. Шилова, В. А. Демаков, А. С. Литасова, В. А. Щетко // Вестник Пермского университета. Серия: Химия. 2020. Т. 10. № 4. С. 356–369.
7. Болтовский В. С. Применение метода автогидролиза-взрыва при переработке растительной биомассы (обзор) // Труды БГТУ. Сер. 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2021. № 2 (247). С. 5–12.
8. Просвирников Д. Б. Переработка лигноцеллюлозной биомассы, активированной методом паровзрывной обработки : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.03. Казань, 2019. 38 с.
9. Álvarez C., Reyes-Sosa F. M., Díez B. Enzymatic hydrolysis of biomass from wood // *Microbial Biotechnology*. 2016. Vol. 9. No. 2. P. 149–156. doi: 10.1111/1751-7915.12346
10. Рязанова Т. В., Федорова О. С. Влияние модифицированного древесной корой «Унисорб-Био» на восстановление загрязненных мазутом почв // *Химия растительного сырья*. 2020. № 4. С. 435–442. doi: 10.14258/jcprm.2020048670
11. Патент RU 2 638 354 Способ получения сорбента нефти и нефтепродуктов / Л. С. Кочева, А. П. Карманов, А. В. Кочанова; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. заявл. 03.10.2016. опубл. 13.12.2017. Бюл. № 35.
12. Патент RU 2 729 366 Способ переработки кородревесных отходов, биореактор и технологическая линия для осуществления способа / А. Ю. Максимов, А. В. Шилова, Ю. Г. Максимова; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ИМБИОКОМ». заявл. 18.03.20. опубл. 06.08.20. Бюл. № 22.
13. Патент RU 2 661 382 Способ переработки отходов окорки лесоматериалов / Т. А. Гаврилов, Г. Н. Колесников, В. Ю. Карпин, А. А. Кузьменков; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петрозаводский государственный университет». заявл. 01.07.16. опубл. 16.07.18. Бюл. № 20.
14. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective / O. I. Yakhin, A. A. Lubyaynov, I. A. Yakhin, P. H. Brown // *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 7. P. 1–32. doi: 10.3389/fpls.2016.02049
15. Поиск грибных продуцентов целлюлолитических ферментов / И. В. Мороз, Р. В. Михайлова, Е. В. Шахнович, А. Г. Лобанок // *Труды БГУ*. 2013. Т. 8. Ч. 1. С. 221–223.
16. Cellulase Production from Species of Fungi and Bacteria from Agricultural Wastes and Its Utilization in Industry: A Review / M. Imran, Z. Anwar, M. Irshad, M. Asad, H. Ashfaq // *Advances in Enzyme Research*. 2016. Vol. 4. P. 44–55. doi: 10.4236/aer.2016.42005.

СБЕРЕЖЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ РАЦИОНАЛЬНОМ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПРОДУКЦИИ

В. В. Романенко

*Белорусский государственный университет транспорта,
vromanenkko@mail.ru*

В статье рассмотрены возможности сбережения древесины за счет снижения расхода лесоматериала при изготовлении деревянного железнодорожного подрельсового основания. В процессе изготовления деревянных переводных брусьев накапливаются остатки пиловочных брусьев, применение ко-

торых в составных деревянных шпалах позволит сократить расход ежегодных объемов требуемой древесины.

Ключевые слова: составная деревянная шпала, древесина, деревообрабатывающая промышленность.

В процессе деятельности любого промышленного объекта и производственного процесса образуется значительное количество отходов, которые при освоении соответствующих технологий могут быть применены в качестве сырья для изготовления продукции. Одним из видов отходов выделяются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции.

Продукция, которая охватывает фактически все отрасли народного хозяйства, является результатом деятельности деревообрабатывающей промышленности, так как специализируется на выпуске материалов лесопиления, шпал, мебели, древесноволокнистых и древесностружечных плит, паркета и т. п.

Деревообрабатывающие предприятия являются основными потребителями ресурсов леса. Обеспечение потребности в материалах лесной промышленности увеличивает дефицит древесины, вследствие чего растет необходимость в дальнейшей разработке лесных массивов, которая, в свою очередь, увеличивает вырубку высококачественной крупномерной древесины.

Одной из отраслей народного хозяйства, оказывающее влияние на лесозаготовительное производство в Республике Беларусь является железнодорожный транспорт. Потребность Белорусской железной дороги (БЖД) в деревянном подрельсовом основании ежегодно оценивается в среднем порядка 130 тыс. штук деревянных шпал и 490 комплектов переводных брусьев для стрелочных переводов (рис. 1).



Рис. 1. Потребность Белорусской железной дороги в деревянной железнодорожной продукции

Поставку на БЖД железнодорожных деревянных пропитанных шпал и переводных брусьев осуществляет ОАО «Борисовский шпалопрпиточный

завод» (БШПЗ), при этом продукция востребована как на территории Республики Беларусь, так и за ее пределами. БШПЗ располагает всем необходимым оборудованием, позволяющим обрабатывать древесину методом «вакуум – давление – вакуум», которое обеспечивает защиту древесины от гниения и повреждения насекомыми [1].

БШПЗ приобретает у лесозаготовительных предприятий лесоматериалы, которые должны соответствовать требованиям СТБ 1711-2007 [2]. Материал должен представлять собой пиловочное бревно из сосны либо ели 1–3 сорта длиной 5,5–6,0 метров, в диаметре 25–26 см. Качество древесины должно соответствовать требованиям по ограничению пороков для 1–3 сортов, при этом лесоматериалы должны быть ровно сторцованы, козырьки, корневые лапы и наросты опилены, сучья обрублены, инородные включения удалены. Таким образом, для изготовления подобной продукции необходима дорогая и дефицитная древесина возраста 80–100 лет.

Выращивание леса – процесс долговременный, затраты на его возобновление многообразны и трудносопоставимы. Осуществление лесозаготовительной деятельности оказывает воздействие на окружающую среду: атмосферу, животный и растительный мир, водную экосистему, почву. Также необходимо учитывать, что на изготовление деревянных шпал для укладки одного километра пути требуется вырубить практически два гектара леса [3].

Для сбережения объемов древесины возможно действовать в двух направлениях:

- предотвращение выхода деревянных шпал из эксплуатации и продление срока их службы;

- разработка новых конструктивных схем из остатков пиловочных брусьев, например, составных шпал.

Одной из главных причин преждевременного выхода деревянного подрельсового основания являются гниение и трещины, а также механический износ древесины и разработка отверстий от крепежителей, поэтому в состав работ по содержанию шпал и брусьев [4] включаются:

- удаление древесины в местах гниения, зачистка и смазывание антисептиком зачищенных мест;

- постановка, во время исправления ширины колеи пути, пластинок-закрепителей в отверстия для крепежителей;

- установка П-образных скоб при появившихся незначительных трещинах по торцу.

Целесообразность разработки конструктивных схем деревянных шпал обусловлено наличием большого количества остатков пиловочных брусьев, то есть тех брусьев, которые поступают от лесозаготовительных предприятий и из которых изготавливают шпалы и переводные брусья. Пиловочные брусья на БШПЗ поступают, как правило, длиной 5,5 метров, с учетом того, что длина стандартной шпалы для железнодорожной колеи 1520 мм составляет 2,75 метров – одно бревно предназначено для нарезки ровно двух шпал без остатка.

Иная ситуация складывается при изготовлении переводных брусьев, так как их длина не единая, а в зависимости от конкретного места укладки на стрелочном переводе варьируется от 3,0 м до 5,5 м (с шагом 0,25 м). Следовательно, после отделения от пиловочного бревна 3,0 м, 3,25 м 3,5 м и т. д. образуются остатки длиной 2,5 м, 2,25 м, 2,0 м и т. д.

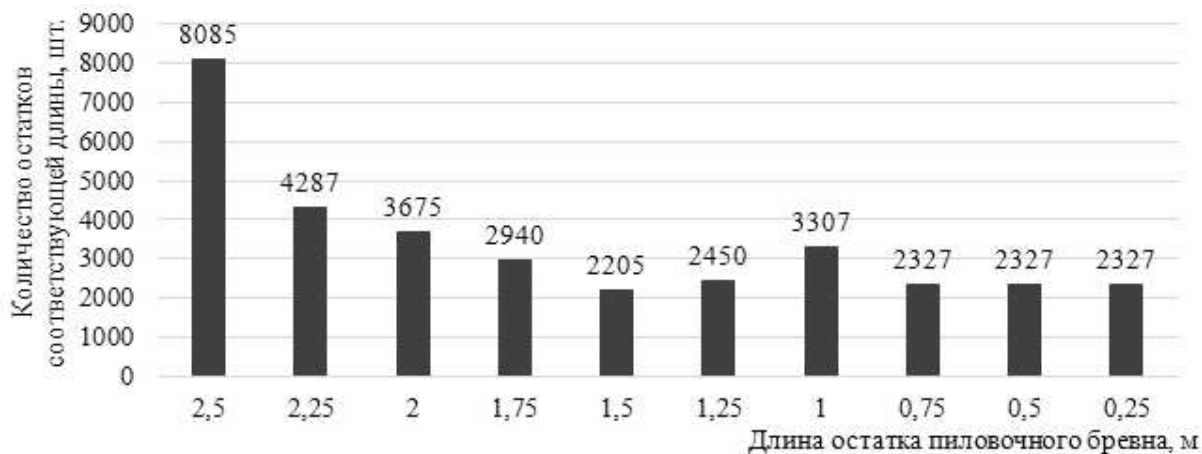


Рис. 2 Количество остатков пиловочных брусьев различной длины с учетом ежегодных объемов изготовления переводных брусьев

На сегодняшний день зарегистрирован ряд патентов, определяющих конструктивные схемы и технологии изготовления составных шпал. Все они представляют собой конструкцию, состоящую из нескольких брусков, соединенных между собой крепежными элементами. В большинстве этих схем два-три бруса соединяются между собой по горизонтальной плоскости и скрепляются при помощи металлических болтов либо круглых деревянных стержней. При этом предполагается использование бруса различного поперечного сечения, но имеющего длину 2,75 м, что не соответствует решению задачи об использовании бруса 2,5 м и менее (рис. 2). Применение крепежных деталей предполагает разработку и внедрение технологий по их изготовлению, что в свою очередь повысит стоимость продукции.

Для рационального использования остатков пиловочных бревен, без существенного удорожания стоимости шпалы возможно изготовление составных шпал не с горизонтальным, а последовательным сращиванием частей. Целесообразно изготавливать схемы составных шпал не требующих разработки технологий на изготовление дополнительных элементов. Одним из соединений, препятствующих разъезжанию составных частей без применения крепежных деталей, является сращивание впритык сквозным скороднем («ласточкин хвост»). Такое соединение является одним из самых прочных.

Исходя из длин остатков бревен и возможных мест расположения сращивания разработка возможна для двух вариантов конструкции: с одним соединением по середине шпалы; с двумя соединениями в около подрельсовой зоне. В последнем варианте возможно использовать остатки бревен длиной

1,0 м и более, количество которых составляет порядка 80 % от общего объема остатков.

Согласно распределению количества остатков по длинам, их суммарный объем составит 26949 шт. Количество составных шпал, изготовленных из трех частей длиной 1,0 м, может составлять $26949 : 3 = 8983$ шт.

В зависимости от категории железнодорожного пути количество шпал на километре составляет от 1440 шт., таким образом изготовление составных шпал может покрыть потребность порядка 6 км ($8983 : 1440 = 6,24$). С учетом потребности для укладки 1 км пути вырубке 2 га леса, рациональное использование остатков позволит ежегодно сохранить порядка 12 га ценной древесины.

Библиографический список

1 Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия: СТБ 1713-2007. Минск : Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2007. 18 с.

2 Божелко И. К. Ресурсосберегающая технология пропитки деревянных шпал эмульсионным защитным средством : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 30.10.15. Минск, 2015. 25 с.

3 Состояние вопроса производства и эксплуатации железнодорожных шпал из различных материалов / Т. К. Курьянова, А. Д. Платонов, М. А. Михеевская, Д. А. Паринов, А. О. Сафонов, Н. В. Мозговой, Е. А. Первакова // Лесотехнический журнал. Сер. Древопереработка. Химические технологии. 2017. С. 157–166. doi: 10.12737/article_5a3d07e-1242b54.88703069

4 Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ: СТП 09150.56.010-2005. Минск : Белорусская железная дорога, 2005. 284 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Н. А. Тарбеева, О. А. Рублева

*Вятский государственный университет,
nataly.ntar534@yandex.ru, olga_ru@vyatsu.ru*

С целью получения максимальной прибыли производства и сохранения окружающей среды фокус внимания деревообработывающих предприятий должен быть сосредоточен на процессах комплексной переработки древесины. В статье представлен опыт кафедры машин и технологии деревообработки ВятГУ по разработке технологий переработки ценнейших вторичных ресурсов – древесных отходов.

Ключевые слова: комплексная переработка древесины, вторичные ресурсы, экологичность производства, древесные отходы.

В условиях рыночной экономики в промышленном производстве преимущественное внимание уделяется экономическим аспектам – получению

максимальной прибыли [1]. В лесозаготовительной и деревообрабатывающей отраслях для получения максимальной прибыли в предыдущие периоды использовалась экстенсивная модель лесопользования, то есть рост производства обеспечивался только за счет увеличения объемов заготавливаемой древесины и объемов ее переработки [2]. С увеличением роста производства увеличивалось количество образующихся отходов, не находящихся рационального применения. Такая ситуация вскоре вызвала серьезные экологические проблемы вырубке лесов и образования значительного количества свалок и полигонов. Вместе с тем древесные отходы являются ценнейшим вторичным сырьем [3].

В настоящее время согласно Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 года в приоритет поставлена интенсивная модель лесопользования. Обеспечение развития и роста лесной промышленности, а также получение дополнительной прибыли должно осуществляться за счет комплексного использования лесного сырья и глубокой переработки древесины. В этих условиях особую актуальность приобретают вопросы разработки инновационных процессов комплексной переработки древесины, включая переработку вторичных ресурсов – низколиквидного древесного сырья и древесных отходов.

Для решения задач, связанных с обеспечением глубокой переработки древесины, на кафедре машин и технологии Вятского государственного университета реализуется комплексный научный проект по разработке технологий изготовления мебельных и столярно-строительных изделий из низколиквидной древесины и древесных отходов. Исследования включают разработку технологий переработки кусковых и мягких древесных отходов (рис.), и направлены на решение экономических и экологических проблем, проблем повышения качества продукции деревообрабатывающих производств [4–8].

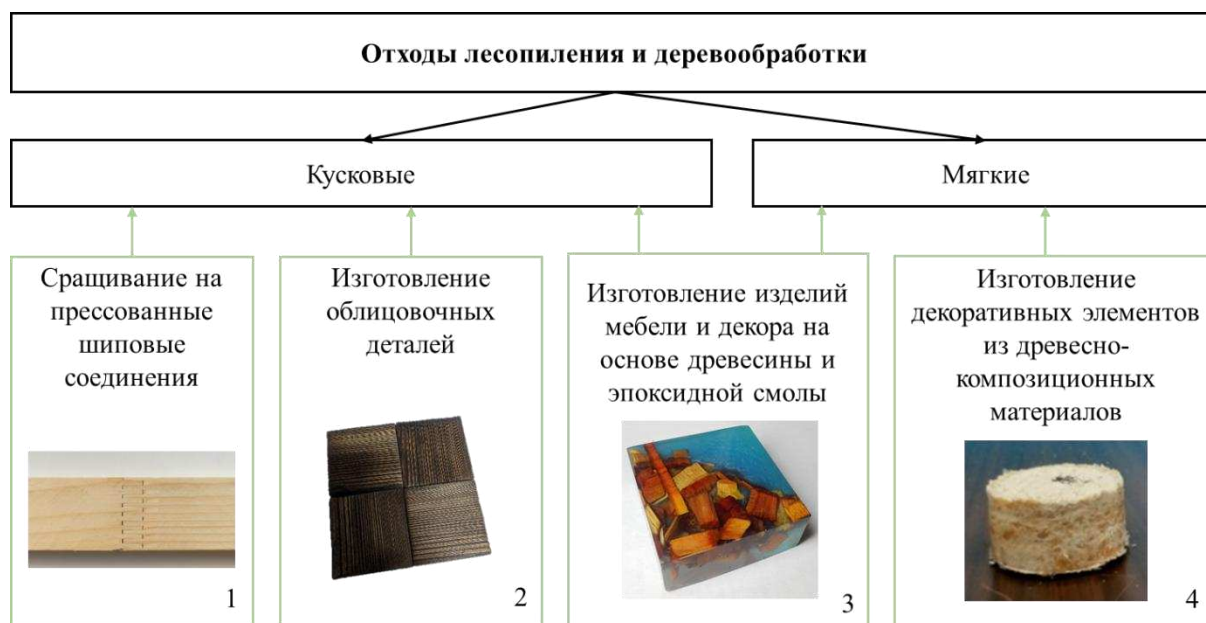


Рис. Виды древесных отходов и предлагаемые варианты их переработки

Первое направление исследований включает разработку технологии сращивания короткомерных деревянных заготовок на прессованные шиповые соединения [4]. Технология отличается от традиционного способа фрезерования шипов меньшей энергоемкостью процесса, высокой стойкостью инструмента и более высоким качеством соединений. Для изготовления крупногабаритной продукции: клееных заготовок, мебельных щитов – могут быть использованы заготовки длиной от 0,1 м, что обеспечивает высокий полезный выход продукции, особенно из низкосортного сырья. За счет повышения полезного выхода заготовок снижается объем образующихся отходов, уменьшается негативное влияние производства на окружающую среду. За счет снижения энергоемкости процесса и увеличенной стойкости инструмента уменьшается себестоимость изготовления изделий, что способствует увеличению доходности производства.

Второе направление исследований включает разработку технологии модифицирования низколиквидной древесины и кусковых древесных отходов хвойных пород с целью улучшения их физико-механических свойств до уровня твердолиственной древесины [5]. Это дает возможность изготавливать из низкокачественного сырья облицовочные детали и изделия для отделки интерьеров. Суть технологии заключается в объединении единый технологический процесс операций обжига, браширования, прессования и термической обработки. В результате обработки увеличивается твердость и влагостойкость древесины, повышается формостабильность деталей. Деревообрабатывающие предприятия за счет переработки в облицовочные изделия кусковых отходов, образующихся в процессе основного производства, смогут получать дополнительную прибыль и вместе с тем значительно сокращать количество отходов, поступающих в окружающую среду. Замена твердолиственного сырья на древесные отходы хвойных пород также поможет уберечь от вырубки и без того немногочисленные площади твердолиственных лесов.

Следующее направление исследований связано с разработкой технологии изготовления изделий мебели и декора на основе древесины и эпоксидно-диановых смол [6, 7]. Здесь в качестве сырья могут быть использованы как кусковые, так и мягкие древесные отходы преимущественно с наличием пороков – сучков, трещин, свилеватости и червоточин. Заготовки с наличием таких пороков практически не имеют ценности как сырье в традиционных процессах изготовления изделий из древесины, но благодаря заливке смолой могут использоваться для изготовления уникальных дизайнерских предметов интерьера, обладающих высокой потребительской ценностью. За счет низких требований к сырью существенно повышается эффективность использования древесины. Кроме того, малые затраты на древесное сырье способствуют уменьшению себестоимости продукции, соответственно повышается ее конкурентоспособность.

Еще одно направление исследований нацелено на переработку мягких древесных отходов. Оно касается разработки технологии изготовления декоративных элементов мебели и интерьера из древесно-композиционных мате-

риалов на основе нетоксичных связующих [8]. Изделия небольших габаритных размеров разнообразного профиля предлагается изготавливать из опилок с добавлением крахмала и канифоли путем горячего прессования. Изготавливаемые таким образом изделия будут отличаться высокой экологичностью, удовлетворительными показателями качества поверхности и прочности. Низкая стоимость исходного сырья позволит снизить затраты на изготовление изделий, что повысит их конкурентоспособность.

Таким образом, научные разработки кафедры машин и технологии деревообработки направлены на переработку всех видов древесных отходов деревообрабатывающих производств: мягких и кусковых. Они позволяют изготавливать высококачественную, экологичную и востребованную продукцию. Внедрение данных технологий будет способствовать не только получению дополнительной прибыли производства, но снижению негативного экологического воздействия предприятий деревообработки на окружающую среду.

Библиографический список

1. Общая оценка эффективности инновационной деятельности [Электронный ресурс]. – URL: <https://poznayka.org/s15608t1.html> (дата обращения 18.03.2023).
2. Распоряжение Правительства РФ от 20 сентября 2018 г. № 1989-р О Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71960006/> (дата обращения: 22.03.2023).
3. Михайлов Г. М., Серов Н. А. Пути улучшения использования вторичного древесного сырья. М. : Лесная промышленность, 1988. 224 с.
4. Рублева О. А. Технология формирования клеевых соединений на прессованные шипы // Деревообрабатывающая промышленность. 2020. № 3. С. 19–26.
5. Тарбеева Н. А., Рублева О.А. Обоснование возможностей способа упрочняющей декоративной обработки низкотоварной древесины // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. №. 3 (39). С. 145–154. doi: 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/14
6. Егоян А. А., Рублева О. А. Этапы технологического процесса изготовления декоративных изделий из некондиционной древесины на основе эпоксидной смолы // Общество. Наука. Инновации (НПК-2019) : сб. статей XIX Всерос. науч.-практ. конф. : в 4 томах. Киров : ВятГУ, 2019. Т. 2. С. 110–116.
7. Тарбеева Н. А., Рублева Е. С. Основные дефекты и способы их предотвращения в изделиях на основе древесины и эпоксидной смолы // Общество. Наука. Инновации (НПК-2020) : сб. статей XX Всерос. науч.-практ. конф. Киров : ВятГУ, 2020. С. 361–368.
8. Паскарь В. С., Рублева О. А. Прогрессивные технологические процессы изготовления композиционных древесных материалов // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы : материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Рубцовск, 2018. Ч. 1. С. 562–569.

ПОЛУЧЕНИЕ ЭНТЕРОСОРБЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕТУЛИНА

О. А. Гаврилова, А. А. Айвазян, С. В. Девятерикова
Вятский государственный университет,
stud147541@vyatsu.ru, stud115860@vyatsu.ru, usr01730@vyatsu.ru

В статье представлены результаты исследования возможности извлечения формальдегида из водного раствора сорбентом на основе активированного угля и бетулина. Показано улучшение сорбционных свойств разработанного сорбента по сравнению с немодифицированным активированным углем.

Ключевые слова: бетулин, сорбция, формальдегид.

Большая часть сырья лесопромышленных производств подвергается предварительной окорке, в результате чего образуются значительные объемы коры. Цвет коры березы связан с наличием в ее клетках белого вещества – тритерпеноида бетулина, который представляет собой порошок без запаха, со слабым вяжущим вкусом [1].

Углеродные сорбенты предназначены для сорбции из водных растворов органических веществ. Введение в сорбенты добавок, содержащих серебро или йод, проводится с целью обеззараживания воды. В связи с тем, что бетулин обладает антисептическими свойствами, возможна замена им дорогостоящих компонентов [2].

Двухкомпонентные сорбенты «активированный уголь – бетулин» могут применяться как в составе материала фильтра для доочистки питьевой воды, так и в качестве энтеросорбента. Бетулин, обладая рядом ценных характеристик (гепатопротекторное, желчегонное, антилитогенное, антиоксидантное, противовоспалительное, противоопухолевое, гипохолестеринемическое, противовирусное, иммуномодуляторное, гиполипидемическое, антигипоксантное, гастропротекторное, нейропротекторное, антисептическое, антимуtagenное действие), увеличит пользу разработанного энтеросорбента [1].

Целью работы явилось изучение возможности применения бетулина в качестве компонента сорбционного материала.

Методика приготовления сорбента на основе активированного угля, включающего 5% бетулина, заключалась в следующем: гидрофобный бетулин растворяли в бензоле, добавляли 2%-ный водный раствор поверхностно-активного вещества (агар-агар) в количестве 1–2 мас. % и интенсивно перемешивали. Далее смесь кипятили для удаления растворителя. Полученную таким образом водную суспензию бетулина перемешивали с углеродным сорбентом и высушивали при температуре 100–110 °С для удаления воды и остатков растворителя [2].

В качестве органического вещества, извлекаемого из водного раствора разработанным сорбентом, использовали формальдегид, который можно рассматривать как продукт окисления целого ряда органических веществ.

Сорбцию проводили следующим образом: 2 г сорбента добавляли к 250 мл воды, содержащей 1 мл формалина (40%-ный раствор формальдегида). Проводили статическую сорбцию. Пробу раствора отбирали каждые 15 мин в течение 75 минут, фильтровали. Определение формальдегида в растворе проводили методом заместительного титрования [3]. Для этого в коническую колбу вносили 10 мл анализируемого раствора, 50 мл дистиллированной воды и 10 мл 5% раствора гидроксилamina. Содержимое колбы осторожно перемешивали, закрывали пробкой и оставляли на 15 мин. После этого выделившуюся кислоту титровали 0,05 М раствором гидроксида натрия в присутствии бромфенолового синего до появления синей окраски. Одновременно в тех же условиях проводили контрольный опыт. Для этого в колбу помещали 50 мл дистиллированной воды и 10 мл 5% раствора гидроксилamina. Находили массовую долю (%) и количество формальдегида (г), поглощенного сорбентами (на 1 грамм сорбента).

Результаты сорбции формальдегида, разработанным сорбентом в сравнении с активным углем приведены в таблице и на рисунках 1–2.

Таблица

**Результаты сорбции формальдегида из воды сорбентами
(уголь и уголь+бетулин)**

Продолжительность сорбции, мин	Массовая доля поглощенного сорбентом из раствора формальдегида, %		Поглощение сорбентом формальдегида 10^3 , г/1 г сорбента	
	уголь	уголь+бетулин	уголь	уголь+бетулин
0	0	0	0	0
15	0	7,2	0	1,05
30	0	8,8	0	1,27
45	6,2	9,3	0,90	1,35
60	6,2	9,3	0,90	1,35
75	11,3	13,9	1,65	2,02

Как видно из таблицы и рисунков, смешанный сорбент поглощает больше формальдегида, чем активированный уголь, в том числе в пересчете на единицу массы, в течение всего времени эксперимента.

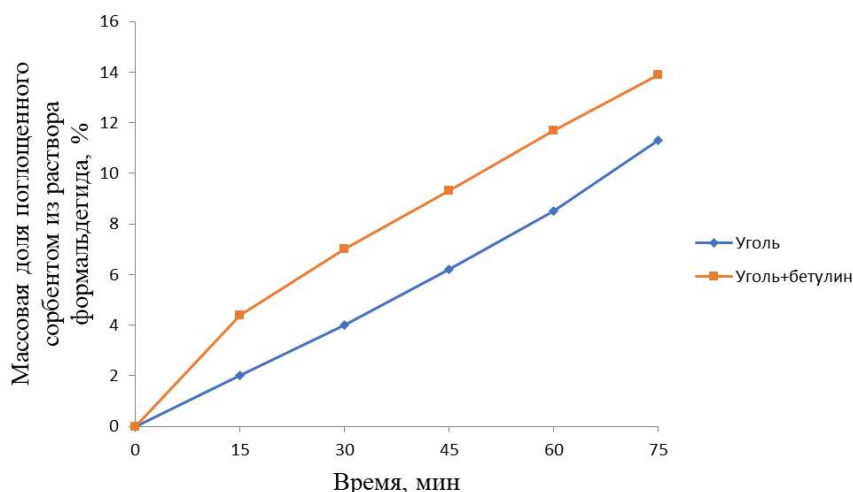


Рис. 1. Зависимость между массовой долей поглощенного сорбентами формальдегида (%) и продолжительностью контакта сорбента с раствором

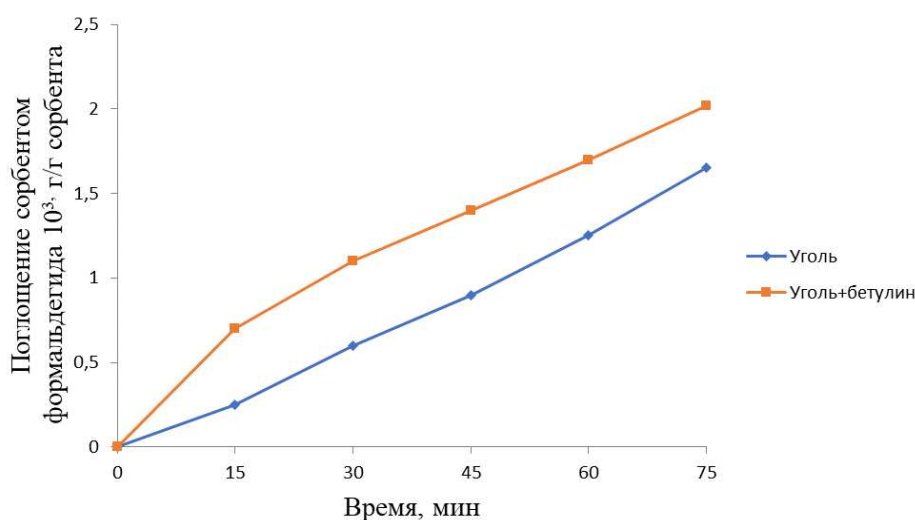


Рис. 2. Зависимость между массой поглощенного формальдегида (10^3 , г/г сорбента) и продолжительностью контакта сорбента с раствором

Таким образом, разработанный на основе активированного угля сорбент, включающий 5% бетулина, позволяет с большей эффективностью извлекать органическое соединение из водных растворов.

Библиографический список

1. Влияние способов получения и размеров частиц сырья на выход и чистоту бетулина / А. А. Айвазян, А. П. Бозова, К. А. Нагаева, И. В. Иванцов, С. В. Девятерикова // Технологии переработки отходов с получением новой продукции : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2022. С. 141–144.
2. Пат. 2547509 С1 Российская Федерация. Способ получения биоцидного сорбента для доочистки питьевой воды / Е. В. Москалев. Заявл.19.02.2014. Опубл. 10.04.2015.
3. ГОСТ Р 57251-2016 Спирт этиловый технический. Правила приемки и методы анализа. М. : Стандартинформ, 2019. 19 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ КАТАЛИЗАТОРА ПРОЦЕССА РАЗЛОЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

С. Л. Фукс, А. А. Ожиганова, А. К. Овчинникова, А. О. Семёнов
Вятский государственный университет, usr01087@vyatsu.ru

В статье представлены условия использования компонентов отходов никельсодержащих катализаторов в современных технологиях композиционных материалов и покрытий. Извлечённый никель применяется для получения электролита никелирования, а оксид алюминия – для композиционных материалов и покрытий, что экономически выгодно и экологически безопасно.

Ключевые слова: катализатор, отход, полиэтилен, оксид алюминия, никель, композиционный материал.

Одним из крупномасштабных техногенных отходов, содержащих цветные и редкие металлы, являются катализаторы химического производства, которые выработали свой ресурс. Получение водорода конверсией природного газа, применяемого при производстве аммиачной селитры, осуществляется с использованием никелевого катализатора [1], который со временем теряет активность из-за образования на его поверхности слоя углерода различного структурного состояния и других загрязнителей, поступающих с метаном. Используемый катализатор марки ГИАП-8, отвечающий ТУ 11303382-86, представляет собой гранулированный оксид алюминия, являющийся носителем дисперсного оксида никеля, алюминия, кальция и серы. Массовая доля оксида никеля составляет 7,5–1,5%. Образующиеся крупнотоннажные отходы токсичны. Их хранение на шламонакопителе приводит к значительному ухудшению состояния окружающей среды. В настоящее время существуют методы частичной переработки отходов катализатора [2–5].

Полная технология утилизации всех компонентов отхода отсутствует. В связи с этим необходимо разработать не только способ выделения никеля путём извлечения его в виде солей, но и переработки инертной части.

Актуальной проблемой является создание комплексной технологии отработанных катализаторов, включающей переработку гранулированного оксида алюминия, что приведёт к защите окружающей среды от токсичных массовых отходов с одновременным расширением сырьевой базы для получения различных продуктов при возвращении ценных компонентов на повторное производство.

Цель работы – изучение условий разделения отходов катализаторов на составляющие компоненты для получения продуктов, применяемых в изготовлении композиционных материалов и покрытий, обладающих новыми физическими и химическими свойствами.

Для исследования применялся отход никелевого катализатора (марка ГИАП-8) конверсии метана с образованием водорода оксида углерода и диоксида углерода производства Филиал «КЧХК» АО «Уралхим» в городе Кирово-Чепецке.

Для определения масс составляющих отходов катализатора использовался весовой метод. Масса фракций определялась на электронных весах марки ВК-600. Отделение загрязнений углерода от гранул осуществлялось механическим способом. Остаток отхода катализатора измельчался и разделялся на составные части в 20%-ной соляной кислоте в течение 1 ч. Процесс осуществлялся в осадительной центрифуге. Остаток нерастворимого оксида алюминия отделялся, промывался и высушивался при температуре 120 °С. Содержание ионов никеля в полученном растворе определялось комплексонометрическим методом. Для получения композиционного материала (КМ) использовались отходы полиэтилена высокого давления (ПЭВД), парафина от производства политетрафторэтилена марки Ф-4Д. На 1 кг смеси использовалось 0,660 кг ПЭВД, 0,330 кг парафина и стеарата кальция 0,010 кг (в качестве стабилизатора). Температура расплава не превышала 150±10 °С. После охлаждения гетерогенную массу использовали для получения пластин толщиной 1–2 мм и полусфер.

Проводилась оценка ударной прочности (ГОСТ 34250-2017). Метод испытания на изгиб позволяет определять способность материалов выдерживать пластическую деформацию (ГОСТ 14019-2003). Нанесением рисок на поверхность изделий определялось сопротивление расслоению композита (ГОСТ Р 56815-2015). Для исследований в каждом опыте использовались гранулы отхода катализатора в количестве 10 штук. Изменения состояния поверхности гранул в процессе обработки приведены на рисунке 1.

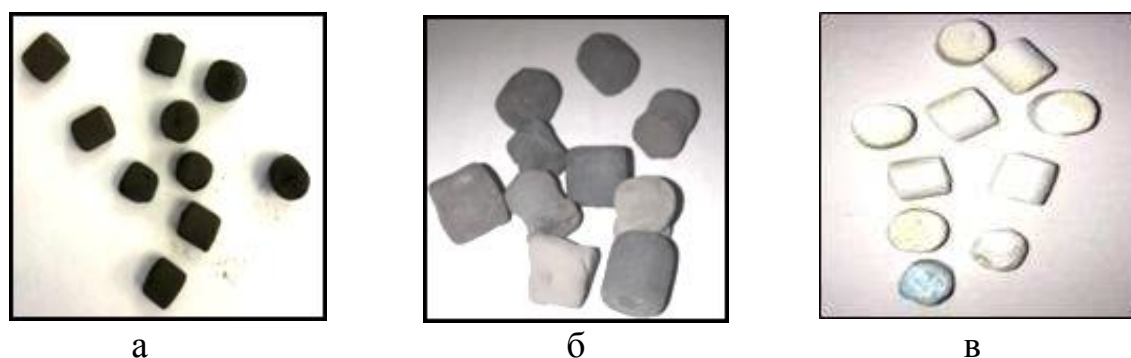


Рис. 1. Внешний вид гранул отхода катализатора:

а – до обработки, б – после удаления углерода, в – после растворения никеля

Визуальный осмотр показал, что поверхность гранул полностью покрыта углеродом. После удаления углерода они приобрели серый цвет. Обработка гранул в соляной кислоте придала нерастворимой части равномерную светло-серую окраску.

На поверхности гранул после удаления никеля образуются глубокие поры как на цилиндрической, так и на торцевой части (рис. 2).

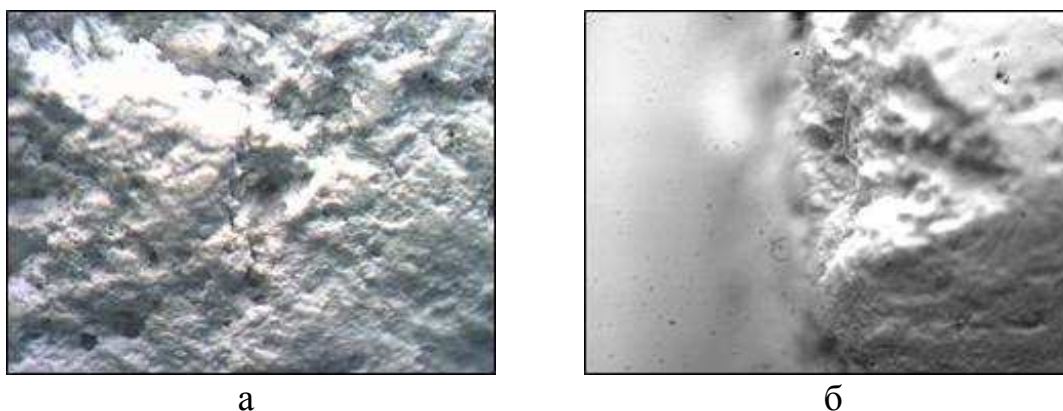


Рис. 2. Структура поверхности гранулы отхода катализатора после удаления NiO (увеличение 16×): а – плоскость, б – торец

На рисунке 2 видно, что поверхность гранул приобретает шероховатость и пористость. Шероховатость обусловлена частичным растворением оксида алюминия, а пористость – растворением никеля.

Образующийся кислый раствор хлорида никеля был нейтрализован с выделением гидроксида никеля, который при нагреве 250–300 °С превращался в порошок оксида никеля, который можно применить вновь для получения катализатора. Материальный баланс компонентов отходов никелевого катализатора до и после переработки приведён в таблице 1.

Таблица 1

Материальный баланс переработки отходов никелевого катализатора

Приход			Расход		
компонент	г	%	компонент	г	%
Отход катализатора (гранулы 10 шт) после промывки, сушки и дробления	42,4400	96,63	Углерод (С)	0,0783	0,18
			Никель (NiO)	2,2320	5,08
			Оксид алюминия (Al ₂ O ₃) сухой остаток	38,5977	87,88
Потери	1,4800	3,37	Потери, в том числе: от промывки, сушки и дробления;	1,4800	3,37
			от химической переработки	1,5320	3,49
Итого	43,9200	100	Итого	43,9200	100

Из таблицы 1 видно, что при обработке 10 гранул отходов катализатора марки ГИАП-8 можно получить 2,232 г оксида никеля. Оставшийся оксид алюминия высушивался и размалывался в порошок, который использовался в разных количествах для получения КМ ПЭВД-Al₂O₃.

Результаты механических испытаний КМ ударным методом приведены на рисунке 3.

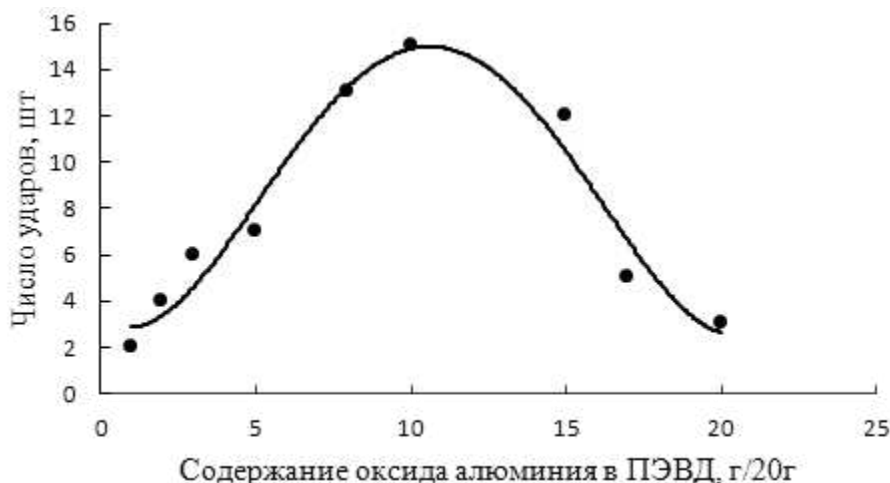


Рис. 3. Зависимость ударной прочности от содержания оксида алюминия в композиционном материале

Из рисунка 3 видно, что максимальная прочность КМ наблюдается при содержании 10 г оксида алюминия в 20 г полимера ($m(\text{Al}_2\text{O}_3) : m(\text{ПЭВД}) = 1:2$).

При испытании на поверхности образца появлялись трещины и разрушения, обусловленные высокой хрупкостью.

Для определения влияния на механические свойства размеров частиц порошка Al_2O_3 он разделялся на фракции. Результаты испытаний на ударную прочность КМ с использованием порошка Al_2O_3 различных фракции приведены в таблице 2.

Таблица 2

Ударная прочность и пластическая деформация композиционного материала ПЭВД- Al_2O_3 при различной дисперсности порошка

Дисперсность порошка Al_2O_3 , мкм	1,00–0,50	0,50–0,25	> 0,25
Количество ударов до разрушения, шт.	11	2	3
Угол образования трещины при изгибе, град.	35 ± 5	40 ± 5	65 ± 5

Оказалось, что наибольшей ударной прочностью обладают КМ, содержащим порошок Al_2O_3 фракция 0,5–1,0 мкм. Пластическая деформация при дисперсности порошка в КМ 1,0–0,25 практически одинакова и возрастает при снижении дисперсности до величин меньше 0,25 мкм.

Нанесение КЭП никель – Al_2O_3 на катоды (латунь марки Л 85) проводилось в течение 30 мин при плотности тока 2 А/дм². Площадь катодов составляла 0,5 дм². Содержание в электролите оксида алюминия составляло 33,4–66,8 г/л. Оказалось, что в этом случае образуется равномерное композиционное покрытие, которое содержит 0,56–0,60 г/дм² дисперсной фазы. Для увеличения содержания Al_2O_3 в покрытии следует повысить его концентрацию в электролите.

Выводы. Установлено, что отходы катализатора ГИАП-8 могут быть разделены на компоненты: углерод, оксид никеля оксид алюминия.

Из полученных результатов следует, что КМ в зависимости от содержания оксида алюминия, обладают различными механическими свойствами.

Показано, что на поверхности латунных катодов образуется равномерное КЭП никель – Al_2O_3 .

Использование компонентов катализатора разложения природного газа в технологиях получения композитов экономически выгодно и снижает экологическую нагрузку.

Библиографический список

1. Досумов К., Мылтыкбаева Л. К., Ергазиева Г. Е. Никельсодержащие катализаторы для окисления метана в синтез-газ // Новости науки Казахстана. 2014. № 3 (121). С. 86–96.
2. Дадаходжаев А. Т., Маманталиев Н. Н. Способы извлечения никеля из отходов производств и его применение // Univesum: Технические науки : сб. статей. М., 2019. № 4 (61). С. 1–6.
3. Землякова Т. Н. Способ получения никеля из отходов // Патент RU 2259409, опубл. 27.08.2005.
4. Беляев И. В. Способ переработки металлоабразивных отходов магнитных кобальтсодержащих и никельсодержащих сплавов // Патент RU 2148661 С1, опубл. 05.10.2000.
5. Комарова Т. Д. Безотходная технология переработки отработанных катализаторов нефтехимического производства – вклад в защиту окружающей среды // Экология и защита окружающей среды : материалы науч.-техн. конф. Минск : БГУ, 2016. С. 28–32.

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЗОЛ УНОСА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В. В. Прохорова, Л. А. Соколова

*Калужский филиал Российского государственного
аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева,
lerok.kagamine@mail.ru, chaika12@gmail.com*

В статье представлены варианты использования зол уноса разного химического состава при строительстве дорожных откосов и экодуков в качестве вяжущего компонента, мелиоранта – раскислителя почв и минерального удобрения с высоким содержанием калия.

Ключевые слова: зола уноса, дорожные откосы, экодук.

Перед нами была поставлена задача предложить новые варианты использования зол уноса в дорожном строительстве. Актуальность темы заключается в необходимости расширения спектра применения зол уноса, так как они образует отвалы, занимающие большие площади и оказывающие негативное влияние на окружающую среду. На основе расширения способов применения этих зол можно сэкономить другие ресурсы и снизить загрязнение среды.

Цель работы – предложить новые варианты применения зол уноса при строительстве современных дорог.

Задачи работы:

1. Изучить устройство современных автомобильных дорог, дорожные одежды.
2. Изучить химический состав зол уноса.
3. Предложить новые варианты применения зол уноса в дорожном строительстве.

Мы изучили современные схемы «дорожных одежд». Согласно актуальным данным схема дорожной одежды практически для любого объекта состоит из следующих слоев: 1. Поверхностный слой износа; 2. Верхний слой; 3. Основание; 4. Земляное полотно [1].

Разработкой «дорожных одежд» занимается Государственный дорожный научно-исследовательский институт ФГУП «СОЮЗДОРНИИ». Сотрудники этого НИИ с 80-х гг. XX века изучали возможности применения зол уноса в дорожном строительстве [1].

Зола уноса образуется при сжигании твердого топлива, в первую очередь, угля при температуре более 800 °С, ее химический состав и рН зависит от химического состава сжигаемого угля. Есть золы уноса основные и кислые. Основные золы используются как вяжущий компонент в бетоне и цементе; их можно применять для снижения кислотности почв. Кислые золы могут использоваться как активные минеральные добавки, поскольку содержат фосфор, магний, кальций, серу, марганец, бор и другие необходимые для растений элементы; а также в качестве калийных удобрений – включают карбонат калия, который хорошо растворим в воде и доступен для растений [1–4].

Золы уноса применяют для устройства дорожных оснований и покрытий из укрепленных ими грунтов или в качестве добавки к цементу, при укреплении грунтов для сооружения насыпей дорожного полотна на дорогах III-IV категорий. Без ограничений могут применяться морозостойкие непучинистые и слабо пучинистые золошлаковые смеси [2].

Мы предлагаем использовать золы уноса и золошлаковые смеси для создания откосов дорожного полотна (рис. 1). В настоящее время откосы, как и дороги, являются сложными техническими сооружениями [5]. При их создании золы уноса могут быть применены для укрепления земляного полотна откоса и в качестве компонента наполнителя в георешетке. Для укрепления земляного полотна откоса должны использоваться непучинистые золы как самостоятельное медленно твердеющее вяжущее. Как компонент наполнителя в георешетке следует применять золы с высоким содержанием кальция, которые могут выступать в качестве мелиоранта, снижая кислотность почвы, что важно для луговых трав.

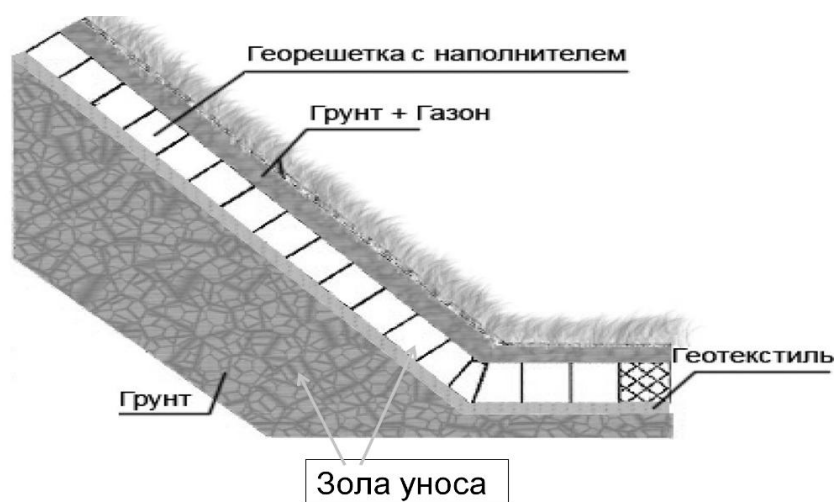


Рис. 1. Применение золы уноса на дорожном откосе

В настоящее время над и под дорожным полотном автомагистралей сооружают так называемые экодуки – это проходы для животных [6]. Если экодуки возводят над дорогой, то на них высаживают деревья, кустарники и травы, создавая сообщество, подобное природному, чтобы животные не пугались и могли спокойно переходить через дорогу.

Мы предлагаем при сооружении экодуков использовать золы уноса в качестве связывающего и укрепляющего компонента в бетоне и подстилающих слоях, так как экодуки имеют арочную форму, и важно, чтобы слои не сползли и не разрушались корнями растений и копытами переходящих животных. На экодуках мостового типа при наличии диких копытных животных толщина плодородного слоя почвы должна предусматриваться более 0,6 м, из них 0,3 м активно используемого верхнего слоя, под ним 0,3 м – малогумусная почва с крупными камнями для закрепления корней (или геосетка) [6]. В этом случае поможет такое свойство зол уноса как удобоукладываемость (для камней). В слое растительного грунта золы уноса с высоким содержанием кальция могут применяться в качестве мелиоранта, а кислые с высоким содержанием калия, в качестве удобрения, если, например, собираются высаживать ели и другие растения, растущие на кислых почвах.

Мы предлагаем такой вариант «одежды» экодука (рис. 2):

1. Газон;
2. Грунт + зола уноса;
3. Георешетка с наполнителем, содержащим золу уноса;
4. Щебечно-песчаная смесь + зола уноса;
5. Геотекстиль;
6. Железобетон (зола уноса в составе бетона).

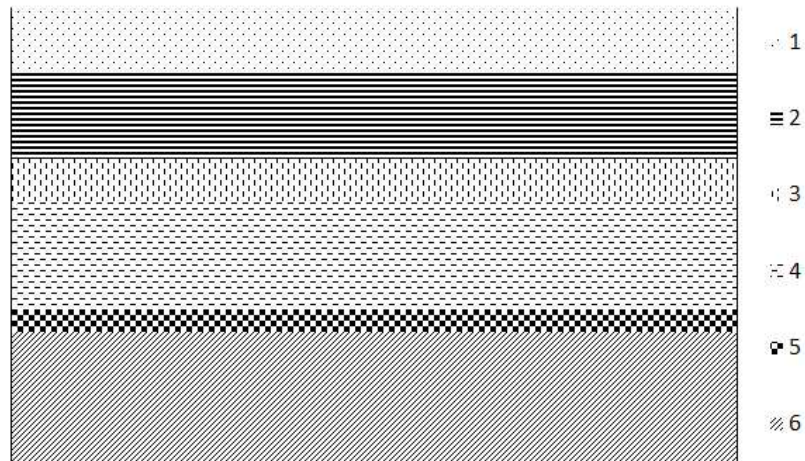


Рис. 2. Предложенный вариант «одежды» экодука

Изучение дорожных одежд показало, что дорога очень сложное сооружение. Над созданием современных износостойких материалов для дорог, соответствующих требованиям безопасности, работает специальный научно-исследовательский институт. Его сотрудниками изучен химический состав зол уноса, получаемых при сжигании углей из разных угольных месторождений, и даны рекомендации по включению этих зол в зависимости от химического состава и свойств в разные слои дорожных одежд.

Мы предлагаем на основе изученных свойств зол уноса и создаваемых на их основе материалов использование их для укрепления откосов автомагистралей и при создании экодуков.

Использование зол уноса решает несколько экологических проблем: уменьшения площади отвалов, экономии других ресурсов, снижения загрязнения воды и воздуха при ветровой и водной эрозии таких отвалов.

По нашему мнению, применение зол уноса при строительстве экодуков может быть экономичным в долгосрочной перспективе, так как зола уноса будет способствовать увеличению срока эксплуатации экодука без технического ремонта, а также увеличит длительность эксплуатации растительного сообщества экодука, благодаря наличию калия и других минеральных веществ.

Следует помнить, что золы уноса – это местный материал, использование которого наиболее экономично на территории его образования.

В 2016 г. в Калужской области на 170-м километре автомобильной дороги М-3 при реконструкции трассы был открыт второй в России экодук. Он представляет собой мост для животных над дорогой. В настоящее время необходимо обновление древесной растительности экодука. Мы выступили с предложением об использовании золы уноса для такой реконструкции.

Библиографический список

1. Путилин Е. И., Цветков В. С. Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог. Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твердого топлива на ТЭС [Электронный ресурс]. –

URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293854/4293854006.htm> (дата обращения: 15.02.2023).

2. Методические рекомендации по применению золы уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на тепловых электростанциях в дорожном строительстве [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200098294> (дата обращения: 15.02.2023).

3. Утилизация золошлаков ТЭС как новая кроссотраслевая задача [Электронный ресурс]. – URL: <https://energypolicy.ru/utilizacziya-zoloshlakov-tes-kak-novaya-k/energetika/2020/13/21/> (дата обращения: 15.02.2023).

4. Васильева В. А., Головня А. И., Соколова Л. А. Ландшафтное проектирование земельного участка // Научно-практическая конференция КФ РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева с международным участием : материалы докладов. Калуга : ИП Якунин Алексей Викторович, 2018. С. 65–68.

5. ОДМ 218.2.064-2015. Методы укрепления откосов земляного полотна автомобильных дорог засевом трав в различных климатических зонах / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор) Москва, 2019. [Электронный ресурс]. – URL: <https://nto.rosavtodor.ru/docs/ois08/NTDi/5125.pdf> (дата обращения: 15.02.2023).

6. ГОСТ Р 58947-2020 Национальный стандарт Российской Федерации Дороги автомобильные общего пользования. Экодуки. Требования к размещению и обустройству [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200174654> (дата обращения: 15.02.2023).

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

*И. А. Пронченков^{1,2}, С. А. Антонов^{1,2}, А. И. Матвеева^{1,2},
Б. П. Тонконогов²*

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти, antonovsa@vniinr.ru

² РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина

В статье описан вариант снижения экологической нагрузки на Арктическую зону, являющуюся уникальной экосистемой нашей планеты, за счет использования смазочных материалов, обладающих повышенной биоразлагаемостью. При этом необходимо модифицирование состава и улучшение низкотемпературных свойств растительных масел, чтобы обеспечить их работоспособность в Арктической зоне.

Арктика – одна из самых хрупких экосистем на Земле. В то же время этот регион формирует климат нашей планеты, поэтому решение вопросов, связанных с состоянием ее окружающей среды, носит глобальный характер. Россия раньше других стран приступила к хозяйственному освоению и интенсивному использованию природных ресурсов Арктики, которые часто протекали без учета уязвимости естественных экосистем к техногенным воздействиям. В результате во многих районах Арктики возникли экологические «зоны бедствия», где масштабы деградации окружающей среды достигли опасных значений, а уровни загрязнения существенно превысили допустимые нормы [1].

Среди экологических проблем Арктического региона остро стоит вопрос загрязнения вод северных морей аварийными разливами нефтепродуктов, в том числе смазочными материалами, при этом ситуация будет усугубляться с возрастанием добычи углеводородного сырья и активизацией грузопотока по Северному морскому пути. В связи с этим актуальным является подбор смазочных материалов с высокой биоразлагаемостью, которые удовлетворяют низкотемпературным требованиям и могут использоваться в регионах с холодным климатом.

Биоразложение – один из этапов, часто заключительный, в ликвидации загрязнений окружающей среды смазочными материалами. В нем непременно участвуют кислород воздуха (работают аэробные бактерии), вода, солнечное излучение и другие факторы.

Почти каждый смазочный материал состоит как минимум из двух частей: масляной базы, составляющей основную массу продукта и добавок – присадок, загустителей и прочих, концентрация которых может достигать 30 %.

Сравнительная оценка биоразлагаемости масел по методу CEC Code: CELS-103-12 в процентах от исходного количества представлена ниже [2]:

- нефтяные масла – 20–40;
- растительные масла – 90–98;
- сложноэфирные жидкости – 65–100.

В качестве биоразлагаемых основ смазочных материалов могут использоваться масла растительного и животного происхождения, обладающие высокой биоразлагаемостью. Использование этих продуктов возможно при производстве практически всех видов смазочных материалов – масел, пластичных смазок, смазочно-охлаждающих технологических средств. Важным аргументом в пользу применения растительных и животных масел является возобновляемость сырья, что усиливает значение развития данного направления [3].

Пути разложения смазочных материалов в природе несколько различаются между собой, труднее всего разлагаются нефтяные масла селективной очистки. Загрязнение окружающей среды растительным маслом не имеет катастрофических последствий, так как в воде и почве растительные масла гидролизуются с образованием глицерина и высших алифатических кислот, которые со временем образуют кальциевые, натриевые и другие мыла, углеводородная часть которых легко усваивается бактериями.

В условиях Крайнего Севера многие факторы, которые в других местах способствуют разложению масел и смазок, практически не работают (рис.).

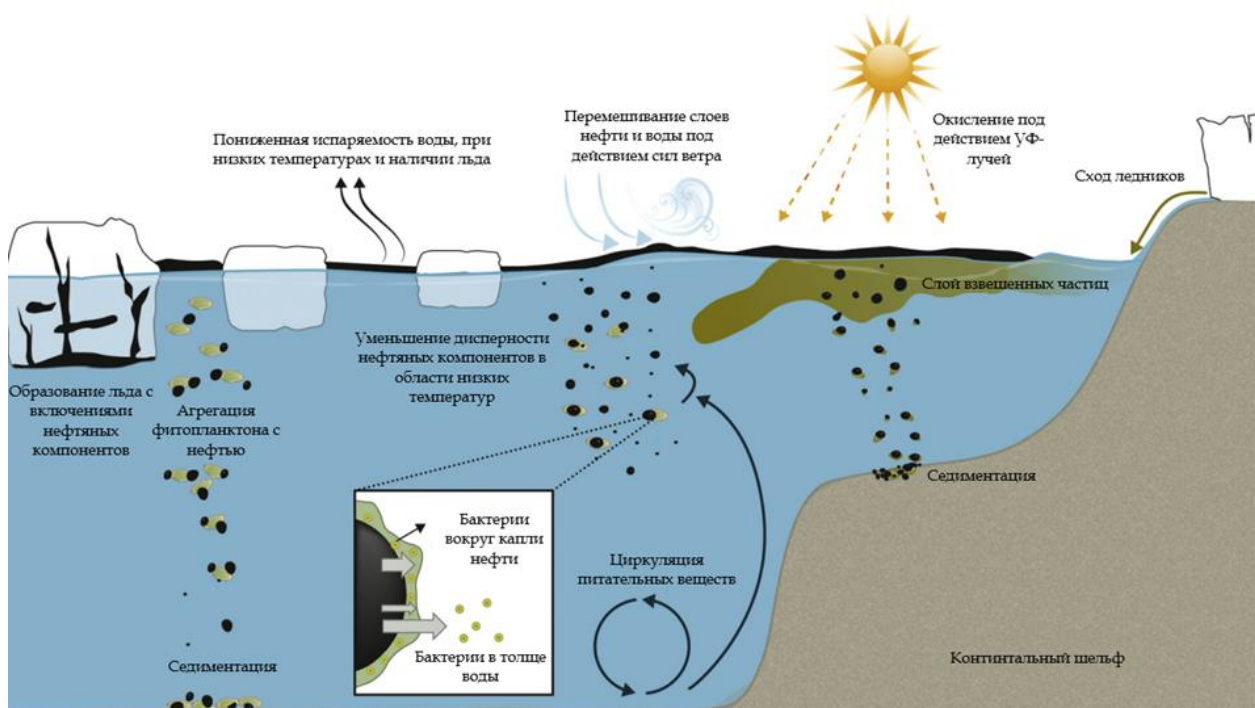


Рис. Принципиальная схема арктических условий, влияющих на биоразложение нефти (адаптировано из [4])

Низкие температуры, ледяной покров, слабая инсоляция – все это слабо влияет на биоразложение смазочных материалов. В связи с этим при выборе биоразлагаемых смазочных материалов для использования в Арктической зоне необходимо учитывать некоторые особенности, связанные с их физико-химическими свойствами. Достоинством растительных масел являются сравнительно высокие трибологические характеристики, высокий индекс вязкости и, разумеется, нетоксичность [5]. Однако у них есть серьезные недостатки: низкая окислительная стабильность и плохие низкотемпературные свойства. Легкую окисляемость устраняют эпоксидированием двойных связей углеводородных цепей триглицеридов с последующими превращениями оксирановых циклов. Попытки снизить температуру застывания растительных масел за счет использования депрессорных присадок, как это делается в нефтяных маслах, заметных результатов не дали. Другой путь – разбавление низкотемпературными жидкостями, тоже оказался малопродуктивным. Другим вариантом снижения температуры застывания растительного масла может быть образование эфиров. Так, например, удалось снизить температуру застывания касторового масла с минус 15 до минус 39 °С за счет образования эфира с 2-этилгексанолом [6]. Другим направлением улучшения низкотемпературных свойств является поликонденсация жирных ненасыщенных кислот со спиртами с образованием насыщенных эстолидов (ангидридов оксикислот, образовавшихся в результате межмолекулярного отщепления воды) различной мо-

лекулярной массы, обладающих очень хорошими низкотемпературными свойствами (до минус 54°С) и индексом вязкости до 218 [7].

Таким образом, применение растительных и животных жиров, с точки зрения экологии, следует считать весьма перспективным направлением для производства биоразлагаемых смазочных материалов, предназначенных для Арктической зоны.

Библиографический список

1. Бузник В. М., Василевич Н. И. Материалы для освоения арктических территорий – вызовы и решения // Лаборатория и производство. 2020. № 1. С. 98–107. doi: 10.32757/2619-0923.2020.1.11.98.107
2. Паренаго О. П. Проблемы получения биоразлагаемых пластичных смазок // Полимерные композиты и трибология : тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конф. Гомель, 2019. С. 8.
3. Евдокимов А. Ю., Фукс И. Г., Багдасоров Л. Н. Смазочные материалы на основе растительных и животных жиров. М. : ЦНИИТЭИМС, 1992. 46 с.
4. Vergeynst L., Wegeberg S., Mosbech A. Biodegradation of marine oil spills in the Arctic with a Greenland perspective // Science of The Total Environment. 2018. Vol. 626. No. 1. P. 1243–1258. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.173
5. Gear oil formulation designed to meet bio-preferred criteria as well as give high performance / M. Arca, B. K. Sharma, J. M. Perez, K. M. Doll // Intern. J. of Sustainable Engineering, 2013. Vol. 6. No. 4. P. 326–331. doi: 10.1080/19397038.2012.725430
6. Natural and Modified Montmorillonite Clays as Catalysts for Synthesis of Biolubricants / F. M. T. Luna, J. A. Cecilia, R. M. A. Saboya, D. Barrera, K. Sapag, E. Rodríguez-Castellón, C. L. Cavalcante // Materials. 2018. Vol. 11. 1764. doi.org/10.3390/ma11091764
7. Soni S., Agarwal M. Lubricants from renewable energy sources – a review. // Green Chemistry Letters and Reviews. 2014. Vol. 7. No. 4. P. 359–382. doi: 10.1080/17518253.2014.959565

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ БИОТОПЛИВА

М. И. Арасланов, А. Н. Козлов

*Вятский государственный агротехнологический университет,
Araslanov.89@mail.ru*

В статье представлен опыт применения альтернативных топлив в дизелях с целью снижения токсичности отработавших газов. Приведены результаты стендовых испытаний дизеля, работающего на этаноле и рапсовом масле.

Ключевые слова: дизель, альтернативные топлива, отработавшие газы.

В настоящее время дизельные двигатели широко используются в сельском хозяйстве, на транспорте и в промышленности благодаря их высокой эффективности, надежности, технологичности и экономичности, и в ближайшей перспективе их замена на другие источники энергии маловероятна. Тем не менее, увеличивающийся парк дизелей является одной из основных при-

чин загрязнения окружающей среды и роста потребления нефтяного моторного топлива. Нефть является основным органическим источником энергии в транспортном секторе, на ее долю приходится 97,6% [1].

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) транспортных средств являются одними из основных источников загрязнения атмосферы. Во всем мире в 2020 г на транспортный сектор приходилось около 40% всех мировых выбросов CO₂. В период с 1990 по 2020 гг. выбросы CO₂ от транспорта (исключая международные перевозки) увеличились на 79% [2]. Загрязнение коснулось даже прибрежных зон морей, несмотря на ограничение токсичности отработавших газов кораблей. Отработавшие газы (ОГ) двигателей внутреннего сгорания представляют собой смесь из множества компонентов, наиболее токсичными компонентами данной смеси являются оксиды азота, оксид углерода, несгоревшие углеводороды, оксиды серы, сажа и альдегиды. Современная нормативно-техническая документация, кроме указанных газообразных компонентов, особо выделяет класс дисперсных частиц (ДЧ). Частицы – это все составляющие ОГ, задерживаемые фильтром. Все ДЧ принято делить на растворимые и нерастворимые. В среднем ДЧ состоят из 90% нерастворимых частиц. Они включают в себя: сажу до 25%, сульфаты и оксиды металлов, добавляемые в топливо в качестве присадок [2].

Перечисленные компоненты загрязняют водную и воздушную среду, часть из них обладает токсическим действием на организм человека.

Таким образом, ожидаемое истощение запасов традиционного ископаемого топлива и ряд экологических проблем, связанных с его использованием, сделали приоритетными программы исследований, посвященные возможности использования и производства альтернативных видов топлива из возобновляемых источников энергии. Использование в автотракторных дизелях таких альтернативных топлив, позволит решить проблему замещения нефтяного топлива, значительно расширит сырьевую базу для получения моторных топлив, а также снизит негативное воздействие ДВС на окружающую среду. Особенно перспективно использование в дизелях альтернативных оксигенатных топлив, таких как метанол и этанол, также топлив на основе растительных масел.

По прогнозам Международного Энергетического Агентства общемировое производство биотоплив будет непрерывно увеличиваться с 162 млн т в 2019 г. до 182 млн т в 2023–2025 г. В мировом производстве биотоплива большая часть принадлежит производству и потреблению топливного этанола (рис. 1) [1].

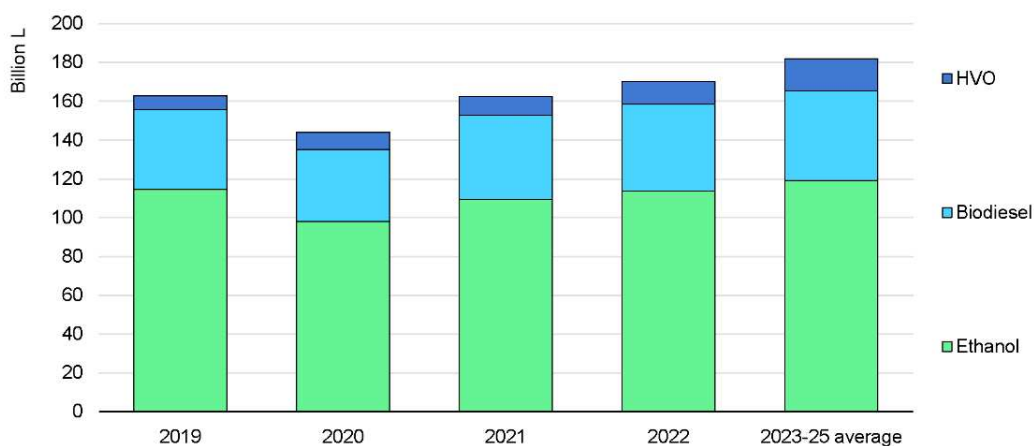


Рис. 1. Мировое производство биотоплив [1]

Сельское хозяйство может участвовать в производстве топлив, и несомненный приоритет здесь принадлежит производству альтернативных топлив на основе спиртов, животных жиров и растительных масел. Производство добавок на основе растительных масел в дизельное топливо возможно более чем из 350 масличных культур. Для получения биодобавок можно использовать подсолнечное, рапсовое, соевое, хлопковое, льняное, пальмовое, сафлоровое, арахисовое и другие масла.

В максимально возможной степени сырье для производства биодизеля должно отвечать двум основным требованиям: иметь низкие производственные затраты и производство в больших масштабах. Однако, в настоящее время, основным сырьем для производства 95% биодизельного топлива являются пищевые масла, такие как рапсовое (84%), подсолнечное (13%), пальмовое (1%), соевое и другие (2%) [1].

Резервы России для дальнейшего увеличения производства растительного масла за счет выращивания подсолнечника и сои практически исчерпаны, поскольку фактическая площадь посева этих культур в регионах, благоприятных для возделывания, приблизилась к максимальным значениям. В то же время ресурсные возможности России для производства рапсового масла (РМ) достаточно велики, возможные площади для возделывания рапса оцениваются в 2,25 млн га. При этом возможно производить до 1,6 млн т РМ [3].

Биодизельное топливо на основе РМ имеет ряд неоспоримых достоинств: содержит в своем составе 10–11% кислорода, что делает его топливом с высокими характеристиками сгорания; является возобновляемым, нетоксичным, легкодоступным, биоразлагаемым, устойчивым, экологически чистым, не содержит серы и ароматических углеводородов. При работе на биодизеле снижается содержание основных токсичных компонентов в ОГ.

Применение рапсового масла позволяет существенно сократить выбросы вредных веществ с ОГ дизелей. В процессе роста исходной биомассы происходит поглощение CO_2 , в результате чего суммарные выбросы CO_2 в цикле «производство-применение» резко сокращаются. Выращивание сырья для

биодизеля помогает сельскому хозяйству восстанавливать деградировавшие земли в течение определенного периода.

Производство биодизельного топлива имеет хороший потенциал для создания рабочих мест в сельской местности. Биодизель обладает высокими смазывающими свойствами, что увеличивает ресурс топливной аппаратуры. Однако непосредственное использование растительных масел или смесей, как правило, считается нецелесообразным для дизелей.

Анализ работ по различным вариантам РМ и спиртов, позволяет сделать вывод, что одним из наиболее перспективных, но наименее исследованных является использование РМ в качестве запального (пилотного) моторного топлива [4, 5]. При этом РМ впрыскивается в камеру сгорания через дополнительную систему питания и используется для воспламенения основного топлива с низким цетановым числом, подаваемого в цилиндры через штатную систему топливоподачи в больших количествах (до 90 % от суммарной цикловой подачи) (рис. 2).

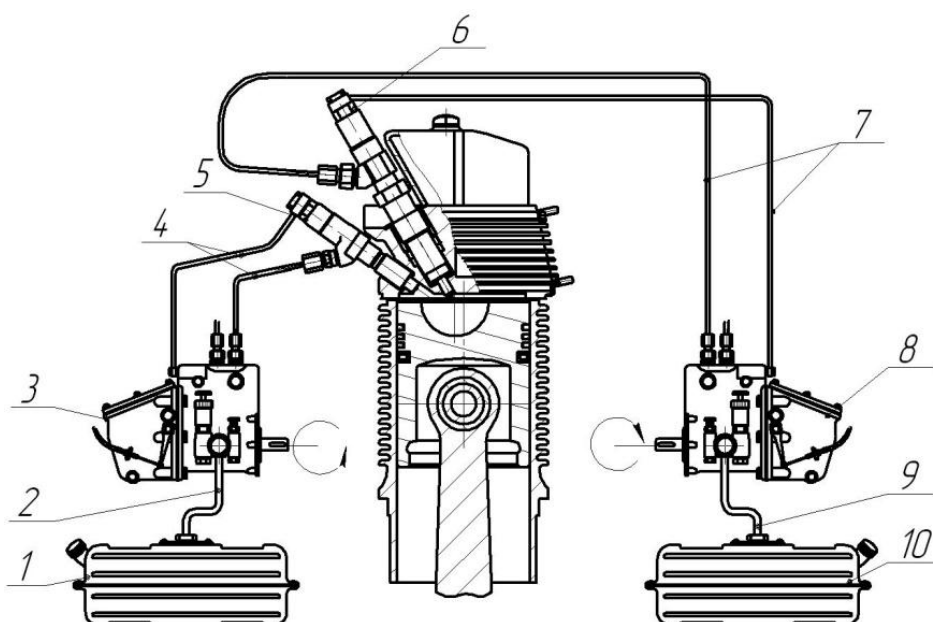


Рис. 2. Схема раздельной топливоподачи этанола и рапсового масла (РМ) в цилиндры дизеля. 1 и 10 – топливные баки для РМ и этанола; 2 и 4 - топливопроводы низкого и высокого давления для подачи РМ; 3 и 8 – топливный насос для подачи РМ и этанола; 5 и 6 – форсунки для подачи РМ и этанола в цилиндр; 7 и 9 - топливопроводы высокого и низкого давления для подачи этанола

В результате стендовых испытаний дизеля, при работе на этаноле и РМ, проведенных в Вятском ГАТУ было доказано значительное снижение токсичности ОГ за счет снижения основных токсичных компонентов, таких как сажа и оксиды азота, также было установлено, что удельные показатели токсичности ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на этаноле и РМ, полностью соответствуют требованиям Правил ЕЭК ООН №96 [6, 7]. Кроме того, применение этанола и РМ в качестве альтернативных топлив, в основном, существенно улучшает экологические показатели дизеля по сравнению с работой на дизельном топливе. Так содержание NO_x меньше нормы на 17,9%, CO на 30,1%, а количество твердых частиц меньше нормы на 75% (рис. 3).

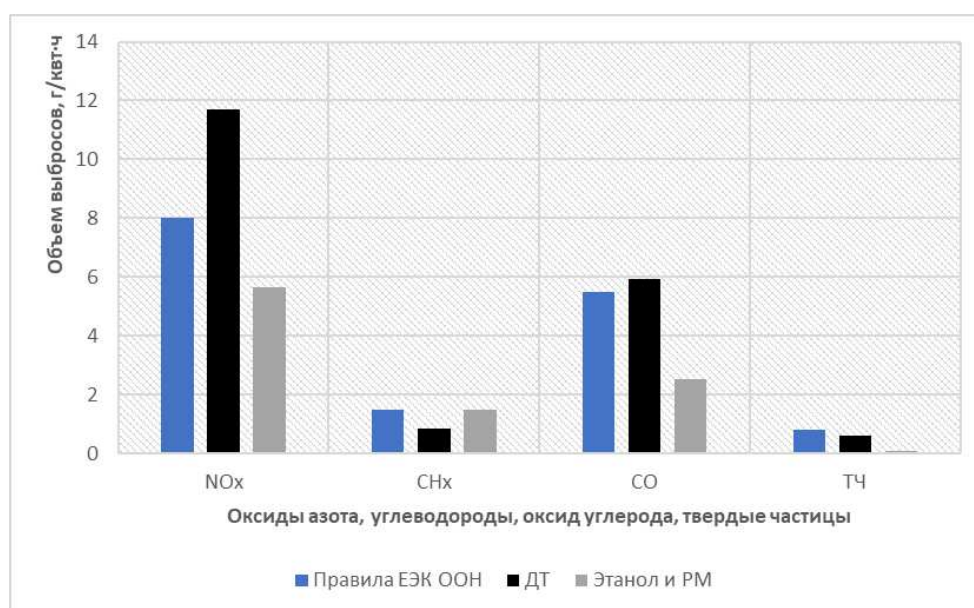


Рис. 3. Удельные показатели токсичности и дымности отходящих газов дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на этаноле и рапсовом масле (РМ) в соответствии с ГОСТ Р 41.96-2011

В процессе воспламенения участвует лишь запальная доза РМ, что делает возможным использование чистого РМ. Этот метод позволяет: полностью отказаться от нефтяного топлива и не несет серьезных конструктивных изменений, что позволяет использовать существующие двигатели. При этом достигается значительное снижение токсичности ОГ, а также снижение дымности отработавших газов, сохранение эффективных показателей на уровне дизеля, не подвергавшегося модификации. Использование аккумуляторной системы питания с электронным управлением моментом впрыскивания и величиной цикловой подачи топлива позволило бы добиться еще большего снижения токсичности ОГ.

Из приведенного выше анализа следует, что использование отдельной системы топливоподачи с электронным управлением впрыскиванием позволяет наиболее эффективно применять спиртовое топливо и РМ в качестве топлива для дизеля, совместно со спиртовыми топливами. Внедрение представленной разработки на автотранспортные и сельскохозяйственные пред-

приятия позволит полностью отказаться от традиционного нефтяного топлива, заменив его альтернативными без внесения существенных изменений в конструкцию серийного двигателя. Также данная разработка позволяет решить проблему токсичности отработавших газов дизеля, за счет снижения концентрации основных токсичных компонентов.

Библиографический список

1. International Energy Outlook 2019 with projections to 2050 U.S. Energy Information Administration (EIA) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf> (дата обращения: 20.03.2023).
2. CO2 emissions from fuel combustion. Overview/ International Energy Agency (IEA) 2020 13 p. [Электронный ресурс]. – URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/474cf91a-636b-4fde-b416-56064e0c7042/WorldCO2_Documentation.pdf (дата обращения: 20.03.2023).
3. Биоэнергетика: мировой опыт и прогноз развития. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2008. 404 с.
4. Лиханов В. А., Сайкин А. М. Снижение токсичности автотракторных дизелей. 2-е изд., испр. и доп. М. : Колос, 1994. 224 с.
5. Арасланов М. И. Исследование показателей рабочего процесса быстроходного тракторного дизеля при работе на этаноле и рапсовом масле : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.04.02. Нижний Новгород, 2021. 24 с.
6. Арасланов М. И., Лиханов В. А. Исследование показателей рабочего процесса быстроходного дизеля при работе на этаноле и рапсовом масле : монография. Киров : Вятская ГСХА, 2021. 181 с.
7. Козлов А. Н., Лиханов В. А. Моделирование сажевыделения в цилиндре дизеля 2Ч10,5/12,0 при работе на альтернативных топливах : монография. Киров : Вятская ГСХА, 2019. 157 с.

ВЛИЯНИЕ ЗАХОРОНЕННЫХ ПРОДУКТОВ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КИСЛЫХ ГУДРОНОВ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

Н. В. Шеховцова¹, О. А. Харзина¹, А. Н. Меркурьев²

*¹ Ярославский государственный университет имени П. Г. Демидова,
nival@mail.ru*

² Череповецкий лесомеханический техникум имени В. П. Чкалова

В статье представлены результаты определения биогенного потенциала продуктов нейтрализации кислых гудронов (ПНКГ) и вод в зоне их влияния. Показано, что в отличие от показателей фитотоксичности микробиологические показатели ПНКГ и воды близлежащего водоема несущественно отличаются от контрольных, что перспективно для разработки способа биоремедиации территории складирования ПНКГ.

Ключевые слова: кислые гудроны, продукты нейтрализации, микробиологические показатели, фитотоксичность, биоремедиация.

Проблему ликвидации кислых гудронов, содержащихся в прудах-накопителях Ярославского ОПНМЗ имени Д. И. Менделеева, называют одной

из самых «застарелых» экологических проблем Ярославской области [1]. Как известно, кислые гудроны представляют собой неразделимую смесь серной кислоты, воды, сульфокислот и органических веществ, их относят к отходам производства второго класса опасности. Они являются источниками загрязнения атмосферного воздуха, водной среды и почвы. В исходном виде кислые гудроны являются смесью химически активных веществ, которые претерпевают различные превращения в зависимости от климатических и погодных условий [2], а продукты этих реакций не только наносят урон окружающей среде, но могут представлять угрозу здоровью населения [3].

В связи с вышесказанным на Ярославском ОПНМЗ имени Д. И. Менделеева кислые гудроны средних сроков хранения были нейтрализованы по технологии фирмы «Мейснер Грундбау» (ФРГ) с помощью обработки гидрофобным реагентом на основе негашеной извести, перемешивания и уплотнения до получения порошкообразного вещества [1]. Полученный продукт предполагалось использовать для строительства, что оказалось невозможным из-за его несоответствия условиям безопасности, поэтому продукт нейтрализации кислых гудронов (ПНКГ) вернули в освободившиеся пруды-накопители. Поскольку описанная выше технология позволила полностью рекультивировать территорию прудов-накопителей в ФРГ и Словении в 2003–2006 гг. [1], задача первого этапа нашей работы состояла в том, чтобы провести рекогносцировочную оценку биоремедиационного потенциала ПНКГ. С помощью микробиологических методов в пробах ПНКГ были выявлены микроорганизмы циклов углерода, азота и фосфора, в том числе способные стимулировать рост и развитие растений: аэробные и анаэробные сапротрофы, олиготрофы, азотфиксаторы, гексадеканокисляющие (но не гексан-) и фосформобилизующие бактерии [4, 5].

Цель настоящего исследования – изучить биогенный потенциал складированных продуктов нейтрализации кислых гудронов в сравнении с почвой городского парка и оценить возможное влияние мест хранения ПНКГ на поверхностные воды по микробиологическим показателям и фитотоксичности.

Объектами исследования служили проба ПНКГ из прудов-накопителей (опыт) и проба городской почвы парка ДК Нефтянников г. Ярославля (контроль), а также модельные водоемы, наполненные в объемном соотношении 2 : 1 водой и илом из пожарных прудов: опытный расположен поблизости к местам складирования ПНКГ и контрольный – в п. Серeda Даниловского района Ярославской области. Пробы техногенного грунта и почвы хранили в воздушно-сухом состоянии. Модельные водоемы экспонировали в притененных условиях при комнатной температуре.

В почвенных и водных пробах культуральными методами определяли группы микроорганизмов, характеризующих биологическое состояние природных сред [6]: наличие аэробных сапротрофов и олиготрофов, азотфиксаторов и целлюлозоразлагающих микроорганизмов, а также анаэробных – сапротрофов и сульфатредукторов [7, 8]. Тест на фитотоксичность проводили контактным методом [9] и методом влажной камеры [10]. В качестве тест-

растений использовали представителей семейства Крестоцветных (Brassicaceae): кресс-салат *Lepidium sativum* и горчицу белую *Sinapis alba* L., исходная всхожесть которых равнялась 70 и 97% соответственно.

Результаты определения биогенного потенциала ПНКГ в сравнении с урбаноземом представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика биогенных потенциалов продуктов нейтрализации кислых гудронов и городской почвы

№ п/п	Группа микроорганизмов	Численность микроорганизмов в 1 г в.-с. пробы	
		ПНКГ	городская почва
Аэробы			
1	Сапротрофы	$7,0 \cdot 10^6$	$5,3 \cdot 10^7$
2	Олиготрофы	$1,5 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^7$
3	Азотфиксаторы	$6,1 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^6$
4	Целлюлозоразлагающие бактерии	$1,3 \cdot 10^2$	$1,7 \cdot 10^2$
Анаэробы			
5	Сапротрофы	$1,8 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^5$
6	Сульфатредукторы	$1,3 \cdot 10^2$	$1,7 \cdot 10^2$

Анализ результатов микробиологических исследований показывает, что потенциальный биогенный потенциал складированных в прудах-накопителях ПНКГ немногим отличается от биогенного потенциала городской почвы. Различия по отдельным группам аэробных бактерий (сапротрофы, олиготрофы, азотфиксаторы) составляют не более одного порядка. Однако они отражают наличие большего дефицита доступных для микроорганизмов источников углерода и азота в ПНКГ по сравнению с городской почвой.

Результаты определения фитотоксических свойств с использованием семян кресс-салата контактным способом показали, что ПНКГ абсолютно токсичны (всхожесть на 7 день равна 0%), в то время как снижение всхожести семян кресс-салата в городской почве по сравнению с контролем (водопроводная вода) составляло не более 14%.

Сравнение биогенных свойств прудовых вод показало, что в динамике формирования климаксных сообществ в модельных водоемах происходили сходные изменения рН воды и численности эколого-трофических групп гетеротрофного бактериопланктона. Так в течение первых 4-х месяцев наблюдений в воде опытного пруда значение рН снизилось от 6,0 до 4,5, численность сапротрофных бактерий варьировала в пределах $1,3 \cdot 10^4$ – $6,8 \cdot 10^5$ КОЕ/мл, а численность олиготрофов возросла на 2 порядка с $3,2 \cdot 10^4$ до $1,2 \cdot 10^6$ КОЕ/мл. В контрольном водоеме в тот же период реакция среды снизилась с 6,0 до 5,0 ед. рН, численность сапротрофов уменьшилась на 3 порядка с $1,2 \cdot 10^5$ до $2,5 \cdot 10^2$ КОЕ/мл, а численность олиготрофов увеличилась с $7,8 \cdot 10^4$ до $4,1 \cdot 10^5$ КОЕ/мл. Полученные результаты свидетельствуют о том, что бактериопланктон обоих прудов при отсутствии поступления аллохтонного орга-

нического вещества приобретает олиготрофный характер, типичный для природных водоемов, в которых протекают процессы самоочищения.

Результаты определения фитотоксичности воды модельных водоемов (табл. 2) позволяет сделать вывод о том, что фильтрующая способность почв снижает влияние продуктов нейтрализации кислых гудронов на биоту по сравнению с исходными. Однако, если сами ПНКГ имеют рН в щелочных значениях [4, 5], то вода в пожарном пруду имеет слабо кислую и кислую реакцию, что само по себе влияет на фитотоксичность, а также может свидетельствовать о вымывании сульфокислот [1–3].

Таблица 2

Показатели фитотоксичности воды пожарных прудов на примере горчицы белой

№ п/п	Вариант опыта	рН	Энергия прорастания, %	Энергия прорастания, сравнение с контролем, %	Всхожесть, %	Всхожесть сравнение с контролем, %
1	Контроль с водопроводной водой	6,0	90	100	97	100
2	Контрольный пруд	6,0	92	102	94	97
3	Опытный пруд	5,0	84	93	88	91

Таким образом, результаты наших исследований позволяют сделать вывод о том, что биогенный потенциал продуктов нейтрализации кислых гудронов по количественным микробиологическим показателям мало отличается от городской почвы. Однако их влияние на биоту, судя по результатам фитотоксичности, абсолютно губительно, о чем свидетельствует и отсутствие растительного покрова. Однако близлежащие почвы имеют невысокий фитотоксический эффект, что внушает оптимизм по поводу перспектив успешной разработки фиторемедиации территории складирования ПНКГ.

Библиографический список

1. Мовсум-заде Э. М., Никитина А. А., Беляева А. С. Экологически безопасный способ переработки кислого гудрона – отхода масляного производства // Химия и химическая технология. 2015. № 8 (58). С. 84–90.
2. Технологические аспекты решения экологической проблемы кислых гудронов. Тонкослойный термический крекинг / А. Д. Зорин, Е. Н. Каратаев, В. Ф. Занозина, В. И. Фаерман, Е. В. Жебрыков // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 3. С. 59–66. doi: 10.25750/1995-4301-2014-3-059-066
3. Антонова О. М., Матвеева Ю. Г., Тихомирова Е. И. Анализ последствий воздействия кислых гудронов на экосистемы и возможных угроз для здоровья населения // Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения : сб. науч. трудов по материалам 2-й Всерос. науч.-практ. конф. Саратов : Амирит, 2020. С. 6–11.
4. Шеховцова Н. В., Меркурьев А. Н., Тимрот С. Д. Предварительное исследование биоремедиационного потенциала в местах складирования продуктов нейтрализации кис-

лых гудронов // Механизмы адаптации микроорганизмов к различным условиям среды обитания. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2019. С. 210–212.

5. Шеховцова Н. В., Меркурьев А. Н. О перспективах переработки кислых гудронов в Ярославском регионе // Экология и общество: баланс интересов : сб. тезисов докладов участников Рос. науч. форума. Вологда : ВолНЦ РАН, 2020. С. 155–158.

6. Микроорганизмы как агенты биомониторинга и биоремедиации загрязненных почв / под общ. ред. Т. Я. Ашихминой, Л. И. Домрачевой. Киров : Науч. изд-во ВятГУ, 2018. 254 с.

7. Практикум по микробиологии / под ред. А. И. Нетрусова. М. : Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.

8. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / под ред. Н. С. Егорова. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1983. 215 с.

9. Коротченко И. С. Биоремедиация. Красноярск : КрасГАУ, 2020. 246 с.

10. Экологическая физиология растений: Вегетационные опыты: метод. указания / сост. О. А. Маракаев, О. В. Титова. Ярославль : ЯрГУ, 2003. 55 с.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ШИННОЙ РЕЗИНЫ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ЗАВОДЕ

А. Б. Амансарыев, И. И. Салахов, А. А. Горячев, Е. И. Черкасова
Казанский национальный исследовательский технологический университет,
amansaryyev.00@gmail.com

В статье проанализированы технологии переработки и утилизации отработанной шинной резины. Рассмотрены преимущества и недостатки основных способов утилизации резинотехнических отходов. На основе анализа и обработки результатов экспериментов предложен наиболее эффективный метод утилизации шинных отходов – гидроконверсия ИНХС РАН.

Ключевые слова: отходы, шинная резина, гидроконверсия ИНХС РАН, утилизация, отечественная технология.

Технологический прогресс – это существенно важная часть развития человечества, так как технологии и польза, которую они приносят людям, играют важную роль в повседневной жизни. Но помимо удобств и повышения уровня жизни людей у технологического прогресса есть ряд негативных побочных эффектов, таких как глобальное потепление, загрязнение окружающей среды и накопление отходов от потребления произведенных продуктов, утилизация которых недостаточно развита.

Такие продукты, как шины для автомобилей, играют важную роль в повседневной жизни людей, но в процессе потребления они изнашиваются и попадают на свалку. Со временем это привело к тому, что многие страны столкнулись с проблемой накопления отходов шинной резины, и Россия не является исключением.

Шинная резина – продукт синтетического производства, состоящий из прочных полимерных соединений, которые замедляют процесс естественного

разложения отходов на десятилетия. Отходы шинной резины отравляют почву, водные ресурсы и атмосферу воздуха, что может нарушить баланс экосистемы и привести к уменьшению численности животных и растительности. Отходы шинной резины могут стать источником возгорания и привести к пожарам, а при их сгорании в атмосферу выбрасываются токсичные газы, такие как диоксид серы и оксид азота, которые вызывают проблемы со здоровьем. Так же они содержат стальные прутки и другие металлические элементы, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Это приводит к загрязнению и представляет угрозу для здоровья людей и животных.

По различным оценкам, в России ежегодно образуется около 1,5 млн тонн шинных отходов, из которых на Москву приходится до 100 тыс. т. При этом только около 15% отходов подвергаются переработке, остальные же складываются на свалках и территориях, что приводит к негативному воздействию на окружающую среду [1]. Для сравнения, переработка отработанных шин в Европе достигает 76%, в Японии – 89%, а в США – 87%, что говорит о глубоком отставании России в решении проблемы рациональной переработки отходов от зарубежных конкурентов.

В связи с этим возрастает актуальность наращивания мощностей по утилизации отходов шинной резины. На сегодняшний день существует множество различных технологий и методов, но самым низкзатратным и экологически грязным является сжигание, которое приводит к выбросу вредных газов в атмосферу, а также к использованию свалок [2], которые создают негативный эффект воздействия на почву и грунтовые воды.

Другой, более совершенный и эффективный метод с экологической точки зрения является механическая переработка. Механическая переработка шинной резины осуществляется путем измельчения шин до мелких частиц или крошки. При этом шина подвергается дроблению на специальных машинах, после чего полученная крошка используется в качестве наполнителя в резиновых изделиях или в асфальте. Однако, данный метод имеет недостатки, такие как пылевыделение, которое тоже загрязняет окружающую среду, и ограниченность использования – полученная крошка имеет ограниченное применение и может использоваться только в резиновых изделиях или асфальте.

К термическим методам утилизации шинной резины можно отнести пиролиз. Пиролиз – это метод переработки, который осуществляется путем нагрева резиновых отходов в отсутствие кислорода. Это приводит к тому, что резина разлагается на мелкие фрагменты, которые могут быть использованы для производства топлива или других продуктов. Недостатками этого метода являются затраты на создание рабочего режима с температурой в диапазоне 500–1000 °С, а также выделение вредных для окружающей среды веществ и газов.

Химическая переработка осуществляется путем использования растворителей и химических реагентов для разложения резиновых отходов на компоненты, которые могут быть использованы в других производственных про-

цессах. Однако этот метод также имеет недостатки, такие как высокую стоимость реагентов и возможность выделения вредных веществ.

К новым и малораспространенным методам утилизации отходов шинной резины относят микробиологическую и ультразвуковую переработку. Микробиологическая переработка основана на использовании микроорганизмов, которые могут разлагать резину на молекулы с образованием биомассы. Этот метод является экологически более безопасным, но его эффективность пока еще недостаточно высока, чтобы быть использованным в промышленных масштабах. Ультразвуковая переработка использует ультразвуковые волны, которые разлагают резиновые отходы на мелкие фрагменты. Этот метод является более эффективным, чем механическая переработка, но его применение ограничено из-за высокой стоимости оборудования и больших энергетических затрат.

К сожалению, на сегодняшний день все традиционные технологии по утилизации отходов шинной резины имеют ряд недостатков, мешающих их распространению и применению в промышленных масштабах на территории всей России [3]. Именно поэтому требуется поиск альтернативных методов их переработки, которые будут сочетать в себе такие характеристики, как экономическая рентабельность производства, отечественные технологии, простота эксплуатации и обслуживания, эффективность переработки и минимальное негативное воздействие на экологию окружающей среды.

Одной из перспективных технологий, которая соответствует современным экологическим и экономическим требованиям эксплуатации является отечественная инновационная технология гидроконверсии Института нефтехимического синтеза имени А. В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН).

Технология гидроконверсии ИНХС РАН основана на каталитической переработке углеводородного сырья при высокой температуре 430–450 °С и повышенном давлении 7–14 МПа в присутствии водородсодержащего газа. На сегодняшний день гидроконверсия ИНХС РАН получила свое распространение на нефтеперерабатывающих заводах в качестве технологии переработки тяжелого нефтяного сырья, такого как гудрон, мазут, полугудрон, битуминозная нефть и т.д. Основной причиной, из-за которой отечественная технология заинтересовала научное сообщество является глубина конверсии тяжелого сырья, которая достигает 90% масс., а в качестве продуктов переработки получают такие ценные углеводородные фракции, как нефтя, дизельное топливо и вакуумные дистилляты [4].

Особенностью гидроконверсии ИНХС РАН является инновационный подход в механизме применения наноразмерного катализатора. Сырье предварительно смешивается с прекурсором катализатора – водным раствором парамолибдата аммония, и уже в реакционной зоне образуются частицы нанокатализатора – MoS_2 . Наноразмерные частицы катализатора MoS_2 образуются при взаимодействии его прекурсора с сернистыми соединениями, которые присутствуют в сырье. Именно присутствие катализатора в форме

наноразмерных частиц делает данную технологию эффективной с точки зрения глубины конверсии сырья, так как стехиометрия нанокатализатора позволяет проникать в структуру разветвленных полициклических ароматических соединений, смол и асфальтенов, разрушая их связи и образуя соединения с более короткими углеродными цепями.

Механизм каталитической переработки наноразмерными частицами, применяемый в технологии гидроконверсии ИНХС РАН, имеет большие перспективы не только в переработке тяжелого нефтяного сырья, но и в качестве технологии по утилизации полимерных отходов, в том числе шинной резины. В целях подтверждения перспектив переработки шинной резины и влияния каталитических наноразмерных частиц на данный вид сырья были проведены эксперименты, результаты которых представлены в таблице 1 [5].

Исходя из материальных балансов экспериментов можно сделать вывод, что при добавлении прекурсора катализатора наблюдается значительный рост выхода жидких углеводородов (на 9,2%), за счет уменьшения образования газообразных продуктов. Несмотря на то, что выход непревращенного остатка уменьшился незначительно, наличие прекурсора положительно повлияло на его растворимость в толуоле, что указывает на более глубокое гидрирование шинной резины и эффективность нанокатализа.

Таблица 1

Гидроконверсия шинной резины

Показатели	Параметры	
	отсутствует (1% H ₂ O)	присутствует
Прекурсор катализатора		
Газ, мас. %	14,6	6,2
Жидкие углеводороды, мас. %	34,4	43,6
Непревращенный остаток, мас. %	51,0	50,2
Растворимые в толуоле, мас. %	11,6	15,8
Нерастворимые в толуоле, мас. %	39,4	34,4

Ряд исследований, в том числе эксперименты, проведенные в лабораторных условиях на модельной установке гидроконверсии ИНХС РАН, имитирующей рабочие условия процесса, подтверждают перспективность технологии в вопросе утилизации отходов шинной резины в смеси с гудроном. В таблице 2 представлены материальные балансы проведенных экспериментов, которые сравнивают выходы продуктов при переработке гудрона и смеси гудрона с крошкой шинной резины в соотношении 2:1. Так же представлен результат переработки сырьевой смеси, состоящей из гудрона, шинной резины и полиэтилена [5–7].

Материальные балансы гидроконверсии гудрона и полимерных отходов

Показатели	Параметры			
	Сырьё	гудрон 100%	гудрон 66,5%; резина 33,5%	гудрон 66,5%; полиэтилен + резина 33,5%
Газ, мас. %		24,3	24,9	35,8
Жидкие углеводороды, мас. %		48,2	44,9	40,9
Непревращённый остаток, мас. %		27,5	30,2	23,3

Результаты экспериментов показывают, что при совместной переработке гудрона и шинной резины выход тяжелого непревращенного остатка увеличивается всего на 2,7%, а при добавлении полиэтилена показатель падает на 4,4% в связи с увеличением выхода газообразных продуктов.

Очень важно, чтобы добавление крошки шинной резины в сырьё не повлияло на ведение процесса, на режим работы установки и на безопасность эксплуатации, а возможное изменение в выходе продуктов переработки оказалось минимальным, чтобы процесс оставался экономически рентабельным и при этом приносил пользу в защите окружающей среды

Эксперименты подтверждают, что модернизация действующих установок гидроконверсии ИНХС РАН для возможности переработки отходов шинной резины в смеси с гудроном имеет большие перспективы. Отечественная инновационная технология гидроконверсии ИНХС РАН может стать ключом к решению проблемы утилизации отходов шинной резины. Особенно важным является то, что при утилизации отходов производство будет получать из относительно дешевого сырья ценные топливные фракции, реализация которых на рынке будет приносить прибыль. Тем самым утилизация отходов шинной резины окажет не только экологический эффект для окружающей среды, но и положительный экономический эффект, что очень важно для повсеместного распространения данной технологии на нефтеперерабатывающих предприятиях России.

Библиографический список

1. Утилизация автомобильных шин: проблемы и возможные решения / В. В. Сиваков, А. М. Буглаев, С. С. Грядунов, Р. Ю. Деревягин // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2022. № 2. С. 36–43. doi: 10.15593/24111678/2022.02.05
2. Кантор Г. Я., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Моделирование углеродного баланса полигонов твёрдых коммунальных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 198–204. doi 10.25750/1995-4301-2022-1-198-204
2. Большакова М. А., Домнина А. С. Обзор современных методов утилизации шин // Современные технологии: проблемы и перспективы. 2019. С. 157–160.
3. Отечественная инновационная технология переработки тяжелого углеводородного сырья / А. Б. Амансарыев, А. А. Горячев, И. И. Салахов, Е. И. Черкасова // Переработка углеводородного сырья: проблемы и инновации-2022 : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Астрахань : Астраханский государственный технический университет, 2022. С. 17–20.

4. Дандаев А. У. Совместная гидроконверсия органических техногенных отходов и тяжелых нефтяных остатков : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 02.00.13. М., 2014. 24 с.

5. Проектирование процесса гидроконверсии высоковязких нефтей в смеси с полимерными отходами / А. Б. Амансарыев, А. А. Горячев, И. И. Салахов, Е. И. Черкасова // Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды : сб. материалов IX Всерос. конф., посвященной 55-летию Чувашского государственного университета имени И. Н. Ульянова. Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, 2022. С. 121–122.

6. Гидроконверсия полиэтилена и шинной резины в смеси с тяжелыми нефтяными остатками / Х. М. Кадиев, А. У. Дандаев, А. М. Гюльмалиев, А. Е. Батов, С. Н. Хаджиев // Химия твердого топлива. 2013. № 2. С. 65–72.

ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ

Н. Е. Суксин, М. А. Шумилова

*Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
suxin@udman.ru, shumilovama@udman.ru*

Изучена возможность переработки отработанных растворов химического никелирования с использованием осажденных гидроксида и оксида никеля для приготовления рабочих растворов. Свойства полученных растворов проверяли по качеству никелевого покрытия с применением метода сканирующей электронной микроскопии.

Ключевые слова: отработанный раствор химического никелирования, рециклинг, ИК-спектры, термогравиметрический и дифференциально-термический анализ, соединения никеля, толщина покрытия.

Химическое никелирование широко применяется на машино- и приборостроительных предприятиях России, поскольку позволяет получить покрытие, которое обладает рядом ценных свойств [1]. Однако, химическое никелирование имеет существенный недостаток – высокую стоимость процесса из-за короткого службы растворов химического никелирования. В процессе никелирования образуются отработанные растворы химического никелирования (ОРХН), которые, как правило, хранятся на территории предприятий. Это не только создает угрозу загрязнения окружающей среды, но и приводит к потере ценных и дефицитных соединений никеля, которые можно рассматривать как вторичный материальный ресурс [2].

Целью данной работы является исследование возможности и разработка технологической схемы регенерации отработанных растворов химического никелирования реагентным методом для получения исходных рабочих растворов.

Для исследования процесса утилизации жидкого отхода гальванического производства был использован ОРХН (табл. 1) одного из промышленных предприятий Удмуртии, применяющего серноокислотное никелирование.

Таблица 1

Состав рабочего раствора химического никелирования (рН 4–5)

Компонент	Содержание, г/дм ³
NiSO ₄	20–30
NaH ₂ PO ₃	25–30
CH ₃ COONa	10–15
CH ₃ COOH	5–10
CS(NH ₂) ₂	0,001–0,0005

Согласно литературным источникам [3, 4] переработку ОРХН возможно осуществить различными методами: ионообменным, электролитическим и реагентным. Нами был выбран реагентный способ утилизации ОРХН, который отличается от прочих простотой аппаратного исполнения и экономичностью. В качестве осадителя был опробован карбонат натрия, поскольку его применение позволяет выделить Ni²⁺ в виде гидроксида – соединения с одним из самых низких значений произведения растворимости (ПР) для данного иона [5] и используемого в дальнейшем для регенерации исходного электролита. Следует отметить, что при взаимодействии сульфата никеля с карбонатом натрия образуется осадок гидрокарбоната никеля переменного состава с соотношением Ni(CO₃):Ni(OH)₂, равным 0,05–5 в зависимости от условий [6].

Наличие в ОРХН фосфитов и уксусной кислоты, также вступающих в реакцию с карбонатом натрия, исключает возможность теоретического расчета количества реагента, необходимого для полного осаждения ионов Ni²⁺ в виде гидрокарбоната. Для установления оптимальной величины рН и определения количества осадителя было проведено потенциометрическое титрование ОРХН 10%-ным раствором карбоната натрия. Исходную и остаточную концентрацию ионов никеля в исследуемых растворах определяли прямым трилометрическим титрованием ионов металла в присутствии мурексида [7].

Согласно полученным данным (табл. 2) наиболее полное осаждение ионов Ni²⁺ происходит при рН=10, что легло в основу разработки технологической схемы переработки ОРХН.

Таблица 2

Извлечение ионов Ni²⁺ из отработанных растворов химического никелирования в зависимости от рН

рН	8	9	10
С _{остаточная} , г·дм ⁻³	0,1665	0,1129	0,0895
Степень извлечения, %	94,93	96,56	97,27

Состав полученного осадка был изучен методом ИК – спектроскопии. При 650 см⁻¹ зафиксирован пик, соответствующий деформационным колебаниям δ(Ni-O-H) и характерный для α-формы гидроксида никеля [8]. Дуплет в области 1382–1474 см⁻¹ относится к валентным колебаниям группы CO₃²⁻, присутствие которой можно объяснить использованием карбоната натрия в качестве осадителя [9]. Широкие полосы поглощения в области волновых чи-

сел $3400\text{--}3500\text{ см}^{-1}$ относятся к валентным колебаниям ОН-групп, связанных водородными связями и характерных для α -модификации $\text{Ni}(\text{OH})_2$ [10]. Таким образом, в результате осаждения карбонатом натрия ОРХН был получен гидроксокарбонат никеля, содержащий гидроксид никеля в α -форме, для которой характерна рыхлая, неустойчивая, мелкодисперсная структура.

Характер процессов, происходящих при нагревании полученной гидроксосоли, был изучен методами термогравиметрического (ТГА) и дифференциально-термического анализа (ДТА). Согласно данным ДТА анализа кривая потери массы имеет три четко выраженных пика, соответствующих испарению адсорбированной (кристаллизационной) воды при температуре $60\text{--}100\text{ }^\circ\text{C}$, хемосорбированной воды при температуре $(280\pm 10)\text{ }^\circ\text{C}$ и хемосорбированной воды при температуре $\sim 420\text{ }^\circ\text{C}$, что согласуется с литературными данными [11]. Расчеты, произведенные на основе ТГА, выявили, что в нашем осадке соотношение $\text{Ni}(\text{CO}_3):\text{Ni}(\text{OH})_2$ составляет 0,056, то есть большая часть осажденного вещества приходится на гидроксид никеля. В результате термообработки гидроксокарбоната никеля был получен черный мелкодисперсный порошок его оксида, который был проанализирован методом ИК-спектроскопии.

На ИК-спектре оксида никеля наблюдаются четко выраженные пики при 1427 см^{-1} , свидетельствующие о наличии в осадке карбонат-ионов, вносимых с осадителем [9]; полосы поглощения при 1617 см^{-1} и 3447 см^{-1} относятся к деформационным и валентным колебаниям молекул воды соответственно [10], пик при 455 см^{-1} принадлежит валентным колебаниям связи Ni–O [8]. Согласно проведенным исследованиям в составе полученных осадков гидроксида и оксида никеля содержатся незначительные примеси, что позволяет использовать осажденные вещества для приготовления исходных растворов химического никелирования (РХН).

Проведенный эксперимент доказал возможность осуществления двух вариантов регенерации ОРХН: первый – с использованием гидроксосоли никеля. Осаждение никеля производили 10%-ным раствором карбоната натрия при $\text{pH} = 10$ с последующей 5-кратной промывкой полученного осадка для удаления водорастворимых примесей и последующим его высушиванием при температуре $80\text{--}90\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 2 часов. Для улучшения качества регенерируемого электролита и уменьшения расхода серной кислоты гидроксид никеля первоначально растворяли в ацетате натрия [12], количество которого соответствовало его содержанию в РХН; окончательное растворение осадка производили в 5%-ной серной кислоте. В полученный раствор вводили остальные компоненты РХН при контроле величины $\text{pH} 4,1\text{--}4,7$.

В основе второго варианта приготовления РХН лежало использование оксида никеля, полученного из осажденного гидроксокарбоната, промытого и предварительно подсушенного, с окончательной сушкой в муфельной печи при $500\text{ }^\circ\text{C}$ в течении 90 минут до постоянной массы, после чего приготовление рабочего электролита проводили по схеме, описанной выше.

РХН, приготовленные по обоим вариантам, были применены для нанесения никелевого покрытия на латунные изделия. В полученные растворы помещались металлические образцы на два часа при постоянном перемешивании и нагреве 90 °С.

Толщину никелевого покрытия удалось измерить только в случае раствора, приготовленного из гидроксида никеля, величина которого составила 12,54 мкм. Во втором варианте никелевое покрытие характеризуется неравномерной, рыхлой структурой, что делает невозможным точное измерение его толщины, ее приблизительная величина составляет порядка нескольких сотых мкм.

В результате проведенных исследований двух вариантов технологической схемы регенерации ОРХН для получения РХН, приготовленных из гидрокарбоната и оксида никеля, установлено, что качественное никелевое покрытие получается при использовании электролита, созданного на основе гидрокарбоната никеля. Предложенный вариант рециклинга ОРХН позволяет создать рабочий электролит без привлечения дополнительно дорогостоящей соли никеля и одновременно снизить негативное воздействие на окружающую среду. Оксид никеля, полученный при переработке ОРХН, можно использовать в качестве никельсодержащего концентрата, например, при производстве пигментов.

Библиографический список

1. Рогова И. А. Изучение физико-химических свойств никелевых покрытий, полученных путем совместного химического и электрохимического никелирования // Полифункциональные химические материалы и технологии : материалы междунар. науч. конф. Томск, 2019. С. 61–62.
2. Залыгина О. С., Ковалева А. А. Исследование возможности получения пигментов из отработанных растворов химического никелирования // Наука, образование, производство в решении экологических проблем : материалы XVI междунар. науч.-техн. конф. Уфа. 2020. С. 226–230.
3. Лобанова Л. Л., Баталова Е. В., Хранилов Ю. П. Реагентные технологии утилизации никеля из отработанных растворов химического никелирования // Журнал прикладной химии. 2008. Т. 81, № 2. С. 213–217.
4. Лобанова Л. Л., Хранилов Ю. П. Технологии переработки отработанных растворов химического никелирования // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2008. Т. 2, № 2. С. 30–32.
5. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. М. : Химия, 1979. 480 с.
6. Химический энциклопедический словарь: справочник. М. : Советская энциклопедия, 1983. 788 с.
7. ОСТ 107.460092.001-86. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Типовые технологические процессы. Книга вторая. М. : ИПК Изд-во Стандартов, 1986. 242с.
8. Зайцева А. А., Горичев И. Г., Кузнецов С. В. Методы синтеза α -, β -Ni(OH)₂ и выявление различий их физико-химических параметров // Вестник Брянского государственного университета. 2013. № 4. С. 96–99.
9. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. М. : Мир, 1991. 536 с.

10. Changjiu L., Yanwei L. Synthesis and characterization of amorphous α -nickel hydroxide // Journal of Alloys and Compounds. 2009. Vol. 478. P. 416–417.
11. Сулегин Д. А., Юрасова И. И. Получение гидроксосолей никеля // Инженерный журнал: наука и инновации. 2014. № 8. С. 1–16.
12. Лататуев В. И. Способ утилизации никеля из отработанных растворов химического никелирования // Патент RU 2066707С1. Заявка: 93006708/02 от 08.02.1993. Дата публикации: 20.09.1996.

РЕАГЕНТНЫЙ И ИОНООБМЕННЫЙ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

К. В. Чухланцев, А. А. Лопарев, И. Ю. Михайлова
Вятский государственный университет,
stud124694@vyatsu.ru, stud124693@vyatsu.ru, usr00255@vyatsu.ru

В статье представлена сравнительная характеристика методов очистки сточных вод гальванического производства: реагентного и ионообменного. Проанализированы достоинства и недостатки каждого метода. Сделан вывод об эффективности и области применения данных методов.

Ключевые слова: гальваническое производство, ионообменный метод, реагентный метод, очистка, сточные воды.

Получение металлических, неорганических, лакокрасочных покрытий электрохимическим методом широко распространено в промышленности с целью придания металлической поверхности изделий антикоррозионных, декоративных и специальных свойств. Существенным недостатком этого метода получения покрытий является большой объем сточных вод – опасных источников загрязнения окружающей среды ионами тяжелых металлов, высокотоксичные соединения данных металлов, органическими и поверхностно-активными веществами (ПАВ). Промышленные сточные воды представляют максимальный уровень угрозы для подземных и поверхностных водоёмов. Поэтому очистка таких стоков является весьма актуальной задачей [1, 2].

Реагентный метод очистки воды – это комплекс мероприятий, направленных на удаление из состава жидкости загрязняющих веществ путем использования специализированных химических реагентов. Реагентный метод включает в себя различные способы, отличающиеся как особенностями процесса очистки, так и спецификой применяемых реагентов.

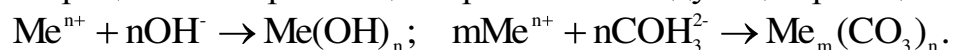
Коагуляция – обработка сточных жидкостей солями алюминия и железа. Под воздействием данных реагентов, мелкодисперсные частицы, присутствующие в составе жидкости, слипаются между собой, образуя достаточно крупные соединения. Впоследствии происходит гравитационное осаждение загрязнений. Коагуляцию достаточно часто используют для очистки от эмульсий и суспензий.

В основе флокуляции также лежит принцип «склеивания» частиц. Однако, в отличие коагуляции, для обработки жидкости используют другие реагенты, в частности полиэлектролиты и неионогенные полимеры. В результате их воздействия образуются хлопья.

Обработку сточных жидкостей этими способами производят в аппаратах – коагуляторах и флокуляторах.

Нейтрализация – очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов путём перевода этих ионов в малорастворимые и слабо диссоциированные соединения (гидроксиды или основные карбонаты) с помощью различных щелочных реагентов в реакторах нейтрализации. При выборе реагентов для осаждения ионов тяжелых металлов в виде осадков руководствуются значением произведения растворимости образующихся соединений путём достижения определенного значения pH [3].

В процессе нейтрализации протекают следующие реакции:



Осаждение нерастворимых соединений осуществляется в отстойниках.

Экстракция – процесс разделения смеси жидких или твёрдых веществ с помощью избирательных (селективных) растворителей (экстрагентов). Процесс экстракции включает три последовательные стадии: смешение исходной смеси веществ с экстрагентом, механическое разделение (расслаивание) двух образующихся фаз, удаление экстрагента из обеих фаз и его регенерацию с целью повторного использования. Выделение экстрагированного вещества из экстракта и одновременно регенерация экстрагента производится дистилляцией, выпариванием, кристаллизацией, высаливанием [4].

В основе ионообменного метода очистки лежит процесс обмена ионами, находящимися в растворе, и ионами, присутствующими на поверхности твёрдой фазы – ионита. Метод ионного обмена позволяет очищать сточную воду до предельно допустимых концентраций с последующим ее использованием в технологических процессах или извлекать и утилизировать ценные примеси (соединения мышьяка, фосфора, а также хром, цинк, свинец, медь ртуть и др. металлы), ПАВ и радиоактивные вещества [5].

В соответствии со способностью обменивать свои подвижные ионы на катионы или анионы все иониты делятся на две группы: катиониты и аниониты. Различают сильно- и слабокислотные катиониты (в H^+ - или Na^+ - форме), сильно- и слабоосновные аниониты (в OH^- - или солевой форме), а также иониты смешанного типа. К сильнокислотным относятся катиониты, содержащие сульфогруппы ($-\text{SO}_3\text{H}$) или фосфорнокислые группы $[\text{PO}(\text{OH})_2]$. К слабокислотным – карбоксильные ($-\text{COOH}$) и фенольные группы. Сильноосновные иониты содержат четвертичные аммониевые основания (R_3NOH), слабоосновные – аминогруппы различной степени замещения ($-\text{NH}_2$; $=\text{NH}$; $=\text{N}$).

Иониты выпускают в виде порошка (размер частиц 0,04–0,07 мм), зерен (0,3–2,0 мм), волокнистого материала, листов и плиток. Крупнозернистые иониты предназначены для работы в фильтрах со слоями значительной высоты (1–3 м), порошкообразные – со слоями высотой 3–10 мм.

Ионообменную очистку сточных вод обычно осуществляют путем их последовательного фильтрования через катиониты (в H^+ -форме) и аниониты (в OH^- -форме). При наличии в воде анионов сильных и слабых кислот анионирование ведут в две ступени, извлекая сначала анионы сильных кислот на слабоосновных анионитах, а затем анионы слабых кислот на сильноосновных анионитах.

В процессе очистки сточных вод происходит насыщение ионитов катионами и анионами по следующим реакциям:

катионитовый фильтр: $n R-H + Me^{n+} \rightarrow Rn-Me + n H^+$ сорбция;

$Rn-Me + n H^+ \rightarrow n R-H + Me^{n+}$ регенерация;

анионитовый фильтр: $n R-OH + An^- \rightarrow Rn-An + n OH^-$ сорбция;

$Rn-An + n NaOH \rightarrow n R-OH + Na_nAn$ регенерация.

Поглотительная способность ионитов характеризуется обменной ёмкостью, которая определяется числом эквивалентов ионов, поглощаемых единицей массы или объёма ионита.

Иониты в контакте с водой не растворяются, но поглощают некоторое количество воды и набухают. При набухании объем ионитов увеличивается в 1,5–3 раза. Степень набухания зависит от строения смолы, природы противоионов, от состава раствора. Сильно набухающие смолы, называемые гелеобразными, имеют удельную обменную поверхность 0,1–0,2 м²/г. Макропористые иониты обладают развитой обменной поверхностью равной 60–80 м²/г. Синтетические иониты набухают в воде больше и имеют большую обменную емкость, чем природные. Срок службы синтетических катионитов значительно больше, чем анионитов. Это объясняется низкой стабильностью групп, которые в анионитах выполняют роль фиксированных ионов [6].

Каждый из методов очистки имеет свои достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика методов очистки представлена в таблице [7].

Таблица

Достоинства и недостатки реагентного и ионообменного методов очистки сточных вод гальванического производства

Метод	Достоинства	Недостатки
1	2	3
Реагентный	1. Широкий интервал начальных концентраций ионов тяжелых металлов; 2. Универсальность; 3. Простота эксплуатации; 4. Отсутствие необходимости в разделении разбавленных и концентрированных стоков, предварительной очистки сточных вод от масел, ПАВ, растворителей, органики	1. Не обеспечивается предельно допустимая концентрация для рыбохозяйственных водоемов; 2. Громоздкость оборудования; 3. Значительный расход реагентов; 4. Дополнительное загрязнение сточных вод используемыми реагентами; 5. Невозможность возврата в оборотный цикл очищенной воды из-за повышенного содержания солей; 6. Затрудненность извлечения из шлама тяжелых металлов для утилизации; 7. Потребность в значительных площадях для шламоотвалов

1	2	3
Ионообменный	1. Возможность очистки до требований предельно допустимой концентрации для промывочных операций гальванического производства; 2. Возврат очищенной воды до 95 % в оборот; 3. Возможность утилизации тяжелых металлов; 4. Возможность очистки в присутствии эффективных лигандов	1. Необходимость предварительной очистки сточных вод от масел, ПАВ, растворителей, органики; 2. Большой расход реагентов для регенерации ионитов и обработки смол; 3. Необходимость предварительного разделения разбавленных стоков от концентрированных; 4. Громоздкость оборудования; 5. Высокая стоимость смол; 6. Образование вторичных отходов-элюатов, требующих дополнительной переработки

Выполненный в рамках настоящей работы обзор методов очистки сточных вод гальванических производств показал, что применение реагентного метода более целесообразно в том случае, если на предприятии реализуется широкий ассортимент различных видов покрытий, следствием которого является большой объем сточных вод различных концентраций и содержания ионов тяжелых металлов. При этом в рамках предприятия уже имеется станция нейтрализации стоков и не требуется новых капитальных вложений для ее строительства.

При реконструкции (замене) старых гальванических участков на более совершенные, реализующие новые современные технологии имеет смысл продумать и более экологичные решения проблемы гальванических стоков. Например, для каждой отдельной линии нанесения покрытия предложить локальные очистные сооружения для обработки сточной воды ионообменным методом с возвратом в производство очищенной воды на промывку и элюатов, образующихся при регенерации ионообменных смол, для приготовления электролитов и растворов.

Библиографический список

1. Гайдукова А. М., Колесников В. А., Похвалитова А. А. Очистка сточных вод гальванического производства от ионов металлов с применением сорбции в статическом режиме и электрофлотации // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 160–166. doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-160-166
2. Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я., Кантор Г. Я. Получение неорганических пигментов из отходов гальванических производств // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 1. С. 22–29. doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-022-029
3. Реагентный метод сточных водах [Электронный ресурс]. – URL: <https://coralreef-aqua.ru/reagentnyy-metod-stochnyh-vodah/#:~:text=Реагентная%20очистка%20воды%20-%20это,качестве%20заклучительного%2C%20так%20и%20промежуточного> (дата обращения: 15.03.2023).
4. Экстракция – Большая Советская Энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: <https://xumuk.ru/bse/3230.html> (дата обращения: 20.03.2023).

5. Ионообменный метод очистки сточных вод [Электронный ресурс]. – URL: <https://studfile.net/preview/7029777/page:16/> (дата обращения: 09.03.2023).

6. Ионообменный метод [Электронный ресурс]. – URL: <https://studfile.net/preview/2014974/page:9/> (дата обращения: 11.03.2023).

7. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. М. : ООО «Глобус», 2002. 352 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ПИГМЕНТОВ

Н. В. Алексеева

*Тамбовский государственный технический университет,
alexejewa.nadja@gmail.com*

В статье рассмотрены особенности состава сточных вод производства пигментов, проведен качественный и количественный анализ сточных вод производства различных пигментов. Рассмотрен вопрос организации процесса разделения сточных вод с возможностью снижения количества стоков и получения вторично используемых реагентов.

Ключевые слова: сточные воды, утилизация, экология, пигменты.

Химическое производство является производством глубокой переработки исходного сырья, что является причиной трудностей утилизации образующихся отходов [1, 2]. В основной массе отходами производства химического синтеза являются сточные воды, которые различны по составу, кислотности, опасности и агрессивности к окружающей среде. Такие отходы нельзя сбрасывать в общегородскую канализацию, и необходима отдельная технология сброса [3–5]. Несмотря на большое количество негативных факторов сточных вод предприятий химического синтеза, следует отметить ряд преимуществ по сравнению со сточными водами других предприятий: известность качественного состава; простота определения количественных характеристик компонентов, что является большим плюсом в решении задач по разработке способов переработки.

Производство пигментов обусловлено проведением синтеза новых химических компонентов из природного сырья. Частью технологического процесса производства являются стадии фильтрования и промывки, характеризующиеся большими объемами сточных вод, содержащих побочные продукты химических реакций. Основной объем сточных вод составляют промывные воды с невысоким содержанием загрязняющих компонентов, которые успешно разделяются на чистую воду и концентрат. Фильтрат, образующийся в процессе фильтрования, является высокоминерализованным раствором. Чаще всего такие сточные воды утилизируют как отходы производства. Тем не менее, данные растворы можно рассматривать как источник сырья.

Рассмотрим на примере производства красителей. В ходе синтеза основным побочным продуктом является хлорид натрия, который содержится во всех сточных водах не зависимо от типа и концентрации других компонентов. На рисунке представлена доля хлорида натрия в общем загрязнении сточных вод производства различных пигментов. Его содержание в сточных водах лежит в диапазоне от 35 до 60% и максимальное значение концентрации может достигать 25 г/л.

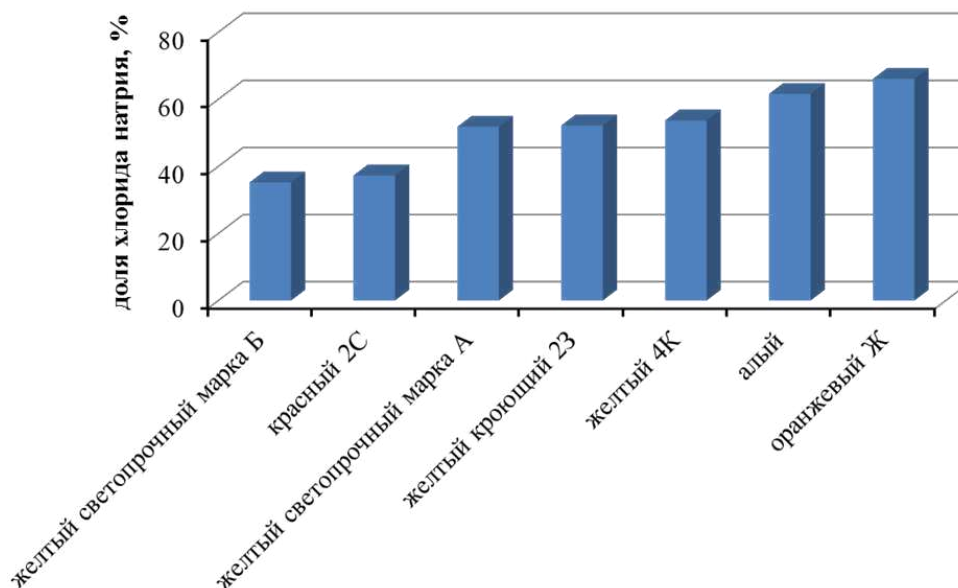


Рис. Доля хлорида натрия в сточных водах производства пигментов

Анализируя составы сточных вод производства различных пигментов, следует отметить их различия в кислотности. Так, сточные воды производства пигментов красного желтого и оранжевого являются кислыми, а сточные воды производства пигмента алого – щелочными (табл.).

Таблица

Основные компоненты сточных вод производства пигментов

№	Тип пигмента	Основные компоненты сточных вод
1.	желтый светопрочный марка Б	анилид АУК; ацетат кальция; хлористый кальций; хлористый натрий; сульфат кальция; гидрокарбонат кальция; мел.
2.	красный 2С	бензойная кислота; диспердент Д; этилцеллозольв; диспергатор НФ; марон SM-11; смачивающий агент А; соляная кислота; сульфат натрия; хлористый натрий.
3.	желтый светопрочный марка А	ОХА АУК; уксусная кислота; хлористый натрий; сульфат натрия; ацетат натрия.
4.	желтый кроющий 23	орто-анизид АУК; хлористый натрий; сульфат натрия; соляная кислота; уксусная кислота; ацетат натрия.
5.	желтый 4К	Метаксидид; уксусная кислота; хлористый натрий; сульфат натрия; ацетат натрия.
6.	алый	бета – нафтол; гидроксид алюминия; сульфат натрия; хлористый натрий; хлористый аммоний; нитрит аммония; гидроксид аммония; ализариновое масло; талловое масло.
7.	оранжевый Ж	натриевая соль ФМП; хлористый натрий; соляная кислота; препарат ОС-20; сульфат натрия; смачиватель НБ.

В настоящий момент на производстве происходит смешение кислых и щелочных стоков и тем самым осуществляется нейтрализация сточных вод, что является необходимым условием при сбросе сточных вод. Однако если проектировать процесс разделения сточных вод с целью получения отдельных компонентов, то смешение разнородных сточных вод приведет к увеличению количества компонентов смеси и усложнению условий разделения.

Хлорид натрия можно рассматривать как источник соединений хлора, например, для получения соляной кислоты, которая требуется для производства некоторых пигментов. Организация процесса получения соляной кислоты из сточных вод, содержащих хлорид натрия [6], позволит сократить количество химических компонентов, теряемых со сточными водами, и получить вторично используемый реагент – соляную кислоту.

Библиографический список

1. Многотоннажные отходы химической промышленности: аналитическая оценка и систематизация технических решений / Л. Я. Шубов, С. И. Иванков, И. Г. Доронкина, К. Д. Скобелев, Д. А. Загорская // Экологические системы и приборы. 2019. № 3. С. 8–30.
2. Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я., Кантор Г. Я. Получение неорганических пигментов из отходов гальванических производств // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 1. С. 22–29. doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-022-029
3. Электро-массообменные процессы в решении экологических проблем / А. А. Свитцов, В. И. Быков, А. А. Титов, С. И. Ильина, Л. В. Равичев, В. Я. Логинов // Энергетика в условиях цифровой трансформации. Наука. Технологии. Инновации : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. Волжский, 2022. С. 234–239.
4. Волчек К. А., Каграманов Г. Г., Фарносова Е. Н. Комбинированные мембранные процессы очистки и переработки воды // Химическая промышленность сегодня. 2010. № 7. С. 43–50.
5. Применение электрохимических методов очистки гальваностоков / О. С. Бывшева, С. И. Ильина, И. В. Быков, Б. В. Салтыков // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 65–2. С. 84–92. doi: 10.18411/lj-09-2020-59
6. Никандров М. Ю. Энергосберегающие циркуляционные технологии неорганических солей : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.01. Казань, 2015. 22 с.

ХАРАКТЕРИСТИКИ И НАПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОГО ОСАДКА ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

***Р. Р. Шагидуллин, Д. В. Иванов, А. М. Петров, Т. В. Кузнецова,
И. В. Князев***

*Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан,
shagidullin_@mail.ru, zpat2@rambler.ru, Kneze3@yandex.ru*

На основании результатов комплексного исследования физико-химических, токсикологических и микробиологических характеристик обезвоженного и высушенного осадка сточных вод биологических очистных сооружений МУП «Водоканал» г. Казани представлены возможные направле-

ния его утилизации. Выполнена оценка соответствия характеристик осадка требованиям ГОСТ при использовании в качестве удобрений, для рекультивации нарушенных земель, при размещении и использовании на полигонах.

Ключевые слова: осадки сточных вод, токсичность, микроорганизмы, рекультивация, удобрения.

Санитарно-экологическая опасность образующихся при работе биологических очистных сооружений крупных городов больших объемов осадков сточных вод (ОСВ) требует изучения их свойств для обоснования путей их дальнейшей утилизации.

В настоящее время на очистных сооружениях МУП «Водоканал» г. Казани внедрена технология термомеханической обработки ОСВ, в результате которой образуются достаточно устойчивые к механическому воздействию и действию влаги гранулы размером 3–9 мм (далее гранулят). Значительные ежесуточные объемы образующегося гранулята (около 50 т) требуют комплексного изучения их свойств, поиска решений, обеспечивающих возможность его вторичного использования.

Цель работы – изучение физико-химических, токсикологических и микробиологических характеристик термомеханически обработанного гранулированного ОСВ очистных сооружений г. Казани с целью определения возможных направлений его дальнейшей утилизации.

Усредненные физико-химические характеристики образцов термомеханически обработанного гранулированного ОСВ МУП «Водоканал» г. Казани и использованные в работе методики выполнения измерений (МВИ) представлены в таблице.

При определении токсичности водной вытяжки из гранулята использовали равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* [1], ветвистоусых рачков *Ceriodaphnia affinis* [2].

Состав микробного пула гранулята изучали методом посева на диагностические среды с использованием общепринятых методов почвенной микробиологии [3], содержание БГКП – согласно [4].

Проведенный комплексный физико-химический анализ гранулированного ОСВ позволил определить его основные характеристики и свойства (табл.).

Таблица

**Усредненные физико-химические характеристики гранулята ОСВ
(в пересчете на сухое вещество)**

Наименование параметра	Показатели	МВИ
1	2	3
Водородный показатель солевой вытяжки, ед. рН	6,2	ГОСТ 26483-85
Массовая доля влаги, %	6,3	ГОСТ 26713-85
Массовая доля сухого вещества, %	93,7	ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.58-08

1	2	3
Массовая доля органического вещества, %	60,4	ГОСТ 26213-91
Массовая доля золы, %	39,6	ГОСТ 26714-85
ХПК водной вытяжки, мг O ₂ /дм ³	3050	ПНД Ф 14.1:2:3.100-97
БПК ₅ водной вытяжки, мг O ₂ /дм ³	2191	ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97
Массовая доля общего азота, %	3,0	ГОСТ 26715-85
Массовая доля общего фосфора (P ₂ O ₅), %	1,5	ГОСТ 26717-85
Массовая доля общего калия (K ₂ O), %	0,25	ГОСТ 26204-91
As, мг/кг	< 10,0	ПНД Ф 16.1:2.2:3.14-98
Hg, мг/кг	0,115	ПНД Ф 16.1:2.3:3.10-98
Cd, мг/кг	6,3	ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011
Pb, мг/кг	35,0	
Cu, мг/кг	119,0	
Ni, мг/кг	47,3	
Zn, мг/кг	675,0	
Cr, мг/кг	156,5	

Для инфузорий *P. caudatum* водная вытяжка из гранулята была не токсична. При тестировании на мелких ракообразных вредное воздействие водной вытяжки устранялось при разведении в 7–40 раз, что по степени негативного воздействия на окружающую среду позволяет отнести исследованный гранулированный ОСВ к IV классу опасности [5].

Микробиологические исследования показали, что сушка ОСВ при температуре 110 °С, приводит к элиминации из гранулята бактерий группы кишечной палочки. При этом он содержит достаточно большое количество гетеротрофных ($1 \cdot 10^9$ КОЕ/г) и углеводородокисляющих ($29,5 \cdot 10^6$ КОЕ/г) микроорганизмов; бактерий, утилизирующих минеральный азот ($1 \cdot 10^8$ КОЕ/г), актиномицетов ($4,9 \cdot 10^7$ КОЕ/г), другие группы микроорганизмов (целлюлозолитические, нитрификаторы, микромицеты).

Проведенное сравнение характеристик гранулята с требованиями, предъявляемым к осадкам сточных вод при их использовании и размещении на полигонах (ГОСТ Р 54535-2011) [6], применении для технической и биологической рекультивации нарушенных земель (ГОСТ Р 54534-2011) [7], в качестве удобрений (ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, ГОСТ Р 54651-2011) показало следующее:

– гранулят по всем показателям удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 54535-2011 в части возможности его размещения на специализированных полигонах, предназначенных для захоронения группы отходов от водоподготовки, обработки сточных вод и использования воды;

– использование гранулированных ОСВ для технической и биологической рекультивации возможно в случае его смешения с иными инертными материалами и субстратами, обеспечивающими снижение ХПК и БПК₅ водной вытяжки, повышения зольности до нормируемых значений (ГОСТ Р 54534-2011);

– согласно требованиям ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, гранулированный осадок может быть использован в качестве удобрений;

– гранулят в исходном виде не является органическим удобрением на основе осадков сточных вод, т.к. по значениям ХПК и БПК₅ водной вытяжки, зольности осадка гранулят не соответствует требованиям ГОСТ Р 54651-2011.

В части биологической рекультивации ГОСТ Р 54534-2011 противоречит требованиям ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, согласно которому осадки сточных вод могут использоваться «для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов ТБО». Отличие между ГОСТ Р 54534-2011 и ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 заключается в том, что в последнем отсутствуют требования к осадкам сточных вод по таким показателям, как ХПК и БПК₅ водной вытяжки, значения которых в грануляте превышают установленный для биологической рекультивации норматив в 3–4 раза. Однако именно высокое содержание органического вещества в составе осадков сточных вод и продуктов их переработки, наличие в нем обогащающих почву микроорганизмов играет главную роль в процессах восстановления и повышения плодородия деградированных и нарушенных почв и земель. Таким образом, при оценке возможности использования гранулята для биологической рекультивации почв (ГОСТ Р 57446-2017) следует ориентироваться на требования ГОСТ Р 17.4.3.07-2001.

При использовании гранулята на основе осадков сточных вод в качестве удобрения дозы, сроки и способы его внесения должны устанавливаться с учетом физических, физико-химических и агрохимических свойств почв (почвогрунтов), потребностей сельскохозяйственных культур, а также иных природных факторов, которые могут оказать влияние на поведение содержащихся в грануляте веществ. Максимально допустимая для внесения в почву доза гранулята при использовании в качестве удобрения определяется с учетом требований [8, 9] по валовому содержанию мышьяка и тяжелых металлов – Hg, Cd, Pb, Cu, Ni, Zn, Cr. Рассчитываемую для внесения в почву дозу осадка, определяют с учетом фактического и фонового содержания того или иного металла в почвах [10].

Анализ текущей ситуации в Республике Татарстан и сопредельных регионах показывает, что в них ощущается постоянная острая потребность в органических удобрениях и плодородных почвогрунтах для целей зеленого строительства и благоустройства городских территорий. В этом отношении сертифицированные гранулированные удобрения на основе ОСВ перспективны для широкого применения, как в чистом виде, так и в составе смесей с инертными грунтами (песок, глина и пр.).

С учетом полученных в исследованиях данных, характеризующих состав, удобрительные свойства, низкий уровень содержания токсичных элементов и отсутствие бактерий группы кишечной палочки, подтверждающих его соответствие требованиям ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, целесообразно апробировать возможность применения гранулята в качестве удобрения в лесном хозяйстве, на предприятиях агропромышленного комплекса Республики Татар-

стан, а также при благоустройстве городских территорий и строительстве дорог регионального и федерального значения.

Библиографический список

1. ПНД Ф Т 14.1:2.3.13-06, ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.10-06. Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* Ehrenberg. (ред. 2014 г.). 44 с.
2. ФР 1.39.2007.03221. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. М. : «Акворос», 2007. 56 с.
3. Егоров Н. С. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. М. : Изд-во МГУ, 1995. 224 с.
4. Методы микробиологического контроля почвы. Методические рекомендации. Утв. главным государственным санитарным врачом РФ 24.12.2004 № ФЦ/4022.
5. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 4.12.2014 г. № 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду».
6. ГОСТ Р 54535-2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при размещении и использовании на полигонах. М. : Стандартинформ, 2019. 6 с.
7. ГОСТ Р 54534-2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель. М. : Стандартинформ, 2019. 7 с.
8. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. М. : Стандартинформ, 2008. 5 с.
9. ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2012. 14 с.
10. Региональные нормативы «Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан». Утв. приказом Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан от 30.12.2015 г. № 1134-п.

ПОДЗЕМНЫЕ РАССОЛЫ КАК ТЕХНОГЕННОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

Е. И. Каненкин, Е. В. Зелинская

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
KanenkinEvgeniy@mail.ru, zelinskaelena@mail.ru*

В статье представлена оценка перспектив добычи лития из минерализованных подземных вод Сибирской геологической платформы и первоочередных задач, требующих решения для начала промышленного освоения данного перспективного вида гидроминерального сырья.

Ключевые слова: минеральное сырье, добыча полезных ископаемых, переработка природных рассолов, гидроминеральное сырье, отходы производства.

В настоящее время Россия является мощной минерально-сырьевой державой мира [1, 2].

Минерально-сырьевой потенциал России как один из важнейших факторов устойчивого развития экономики страны занимает составную часть мирового потенциала. Стоимость разведанных и предварительно оцененных запасов полезных ископаемых на ее территории составляет 29 трлн долларов, а прогнозируемые запасы оцениваются в 140 трлн долларов США [1–3].

На данный момент помимо классической добычи из металлорудных месторождений твердых минеральных ресурсов (черные, цветные, редкие и благородные металлы) Россия развивается в новом нетрадиционном направлении освоения гидроминерального сырья.

В минерализованных подземных водах, в частности хлоридных рассолах, превышена концентрация содержания лития (Li), брома (Br), цезия (Cs) и стронция (Sr), что позволяет рассматривать природные растворы как уникальное промышленное сырье [4].

Сегодня литий широко используется во всех хозяйственных сферах и производственных областях, начиная с электронной техники и заканчивая авиационным ракетно-космическим материаловедением и ядерной энергетикой.

Именно поэтому добыча лития для России представляет интерес не только с точки зрения импортозамещения (прекращения поставок из Чили и Аргентины), но и возможность претендовать на место в стратегически важном рынке [5].

Значительные ресурсы гидроминерального сырья на территории Российской Федерации сконцентрированы в недрах Сибирской платформы, и сосредоточены в Иркутской области, Красноярском крае и Западной Якутии [4].

В основном в настоящее время рассолы в пределах Сибирской платформы квалифицируются как попутно вскрывающиеся воды при разработке различных месторождений рудных полезных ископаемых и нефтегазового сырья. При этом при добыче основного минерального сырья минерализованные воды выступают в качестве отходов производства и именуются как техногенные рассолы. В свою очередь техногенные рассолы в процессе добычи нефти используются для поддержания пластового давления, а утилизируются они путем закачки (захоронением) в подземные коллекторы (поглощающие горизонты).

Перспективность использования подземных промышленных вод и рассолов Восточной Сибири в качестве гидроминерального сырья полезных ископаемых давно признана и не вызывает сомнения [6].

В Красноярском крае и Иркутской области выявлены высоконапорные зоны концентрированных рассолов с дебитом 3000–7000 м³/сутки и давлением на устье скважин до 18,5 МПа [6].

Наиболее перспективным гидроминеральным ресурсом лития являются рассолы Ангаро-Ленского бассейна Восточной Сибири (Омолойское, Знаменское и Ковыктинское месторождения). Гидроминеральное сырье представляет собой подземные залежи солевой рапы на глубинах от 1200 до 2200 м с высоким пластовым давлением (более 35 МПа) [7].

Минпромторг Российской Федерации прогнозирует перспективную потребность российских предприятий в литиевой продукции на уровне 10 тыс. т/год и считает необходимым создавать полный технологический цикл производства лития и его соединений в России [8].

Именно поэтому намечается реальная перспектива перехода техногенных рассолов из категории производственных отходов в категорию попутного минерального (гидроминерального) сырья.

Первоочередной задачей для начала освоения данного вида ресурсов, является разработка технологии извлечения ценных компонентов и учет запасов для определения эффективности добычи. Однако необходимость выполнения экологических требований расширяет перечень задач, которые должны быть направлены на комплексную утилизацию рассолов с использованием максимального количества содержащихся в них солей. Это позволит не закачивать обратно основную массу содержащихся в рассоле компонентов (за исключением, например, только лития и брома), а извлекать комплекс ценных компонентов и получать максимально обессоленную и экологически приемлемую очищенную водную систему.

Решение данной комплексной задачи позволит получить как технологический, так и экологический эффект, снизить нагрузку на окружающую среду в горнопромышленных районах, подвергаемых значительной антропогенной нагрузке.

Библиографический список

1. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М. : Прогресс-Традиция, 2000. 416 с.
2. Путин В. В. Минерально-сырьевые ресурсы в стратегии развития российской экономики // Записки Горного института. 1999. Т. 144 (1). С. 3–9.
3. Wie enstanden Russlands grosse Vermoegen [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.netstudien.de/Russland/oel.htm#>. UoEcBPmV9Rw (дата обращения: 10.11.2013).
4. Перспективы использования промышленных рассолов сибирской платформы для извлечения лития и брома / С. Л. Шварцев, С. В. Алексеев, А. Г. Вахромеев, Л. П. Алексеева // Сибирский государственный университет геосистем и технологий. 2012. Т. 2. № 1. С. 30–34.
5. Колмозёрское месторождение – решаем проблему дефицита лития [Электронный ресурс]. – URL: <https://dprom.online/metallurgy/litievuj-proekt-rosatoma-i-nornikelya/> (дата обращения: 05.11.2019).
6. Саркаров Р. А., Белан С. И., Гусейнов Н. М. Оценка современного состояния и перспективы добычи лития и его соединений в России // Индустриальная экономика. 2022. № 2. Т. 1. С. 57–68.
7. Литиевые подземные воды Иркутской области и Западной Якутии / С. В. Алексеев, Л. П. Алексеева, А. Г. Вахромеев, А. Г. Владимиров, Н. И. Волкова // Химия в интересах устойчивого развития. 2012. № 20. С. 27–33.
8. Прогноз производства редкоземельных металлов на период до 2024 года Министерства промышленности и торговли Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <https://minpromtorg.gov.ru/> (дата обращения: 22.11.2021).

ПРИМЕНЕНИЕ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛЛАСТОНИТ- И ДИОПСИДСОДЕРЖАЩИХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

*Е. М. Готлиб¹, Е. С. Ямалева¹, И. Д. Твердов¹, К. А. Мишагин²,
Ф. Т. Н. Ха³*

¹ *Казанский национальный исследовательский технологический университет,
egotlib@yandex.ru, curls888@yandex.ru*

² *Научно-исследовательский центр «Курчатовский Институт»-ВИАМ,
mishagin_kirill@mail.ru*

³ *Viet Tri University of Industry, Lam Thao, PhuTho, Viet Nam,
phuonghtn@vui.edu.vn*

В статье показаны способы получения волластонит- и диопсидсодержащих наполнителей на базе рисовой шелухи. Изучены основные свойства синтезированных наполнителей – фазовый состав, пористость, рН поверхности, маслосмкость, а также физико-механические характеристики эпоксидных композиций, наполненных данными наполнителями.

Ключевые слова: рисовая шелуха, зола рисовой шелухи, волластонит, диопсид, эпоксидные композиции.

Постоянный рост отходов производства рисовой крупы в мире и нашей стране является серьезной экологической проблемой [1]. Рисовая шелуха (РШ) содержит большое количество аморфного активного диоксида кремния [2], и поэтому она представляет интерес в качестве сырья для получения наполнителей [3]. Такое применение РШ является эффективным с экономической и экологической точек зрения, так как позволяет повысить конкурентоспособность полимерных и строительных материалов и решить параллельно природоохранные задачи.

В качестве сырья для получения волластонит- (ВС) и диопсидсодержащего (ДС) наполнителей твердофазным методом применялась зола (ЗРШ), полученная сжиганием рисовой шелухи при 800 °С и 500 °С, соответственно. Вторым компонентом для синтеза ВС был оксид кальция, полученный из известняка (УВМ-15), а ДС – доломит (ГОСТ 23672-2020) – распространенные в России природные минералы. Волластонитсодержащий наполнитель получали при молярном соотношении $\text{CaO}:\text{SiO}_2 = 1,2:1$, в муфельной камерной печи в течение 3 часов при $T=900$ °С [3]. Диопсидсодержащий наполнитель был синтезирован при соотношении ЗРШ–доломит 1:1,2, при $T=1100$ °С в течение 3 часов. Для достижения этой относительно не высокой температуры спекания компонентов в качестве плавня была использована борная кислота в количестве 5 мас.ч. [4].

Эпоксидные композиции получали на основе диановой смолы ЭД-20 ГОСТ (10587-84), отвержденной аминоалкилфенолом АФ-2, (ТУ 2494-052-

00205423-2004) в течение 7 суток при комнатной температуре. pH водных суспензий наполнителей определялись pH-метром марки SevenMulti при 20 °С. Маслосъемность наполнителей оценивалась в соответствии с ГОСТ 21119.8-75.

Рентгенографический количественный анализ проводился на многофункциональном дифрактометре RigakuSmartLab при следующих параметрах съёмки: угловой интервал 2θ от 3° до 65° с шагом сканирования 0,02, с экспозицией 1 секунда в точке.

Определение удельной площади поверхности пор наполнителей осуществлялось по адсорбции газа с применением метода Брунауэра, Эммета и Теллера (ВЕТ – метод ISO 9277:2010) на приборе QuantachromeNova 1200e. Дегазация образцов наполнителей длилась 3 часа, при $T=150$ °С и давлении в вакууме 2 Па.

Определение износостойкости эпоксидных материалов проводилось на вертикальном оптиметре ИЗВ-1. В качестве контртела использовали бруски из инструментальной стали ХВГ, закаленной до твердости HRC 60-64. Были использованы следующие режимы испытания: удельное давление контртела на испытываемую поверхность образца $P = 1$ МПа, скорость скольжения $V_{ск} = 1$ м/сек, без смазки.

Определение твердости проводилось на переносном твердомере по методу Шора, по шкале D при внедрении твердосплавного стержня с углом 26° при вершине с минимальным диаметром 0,157 мм (ГОСТ 24621-91, ISO 7619). Адгезионная прочность определялась методом отрыва на образцах стали по ГОСТ 32299- 2013. Прочность материалов при изгибе определяли в соответствии с ГОСТ 6806-73 на приборе Градиент-техно.

Полученные на базе золы рисовой шелухи наполнители имели следующий фазовый состав: ВС-β-волластонит – 83%, ларнит – 17%, ДС-диопсид – 95%, акерманит – 3%, форстерит – 2%. Таким образом, у обоих синтезированных силикатов высокое содержание целевого продукта (β-волластонита или диопсида) и небольшая концентрация примесей.

Общий объем пор диопсидсодержащего наполнителя (табл. 1) на порядок ниже, чем у волластонитсодержащего. Средний диаметр пор у них примерно на одном уровне, а удельная поверхность ДС значительно меньше, чем у ВС.

Таблица 1

**Пористость синтетических наполнителей
на основе золы рисовой шелухи**

Наименование образца	Удельная поверхность по БЭТ, м ² /г	Общий объем пор по ВЖН, см ³ /г	Средний диаметр пор по ВЖН, нм
ВС	17,895	0,081	4,12
ДС	0,614	0,001	4,13

pH водных дисперсий диопсидсодержащего наполнителя близок к нейтральным значениям (табл. 2), в отличие от ВС, поверхность которого

имеет щелочной характер. Это связано, очевидно, с использованием при синтезе ДС борной кислоты, как плавня. Маслосъемкость ДС существенно выше (табл. 2), чем у ВС, несмотря на его более низкую пористость. Возможно, это связано с особенностями кристаллической структуры исследуемых наполнителей.

Таблица 2

Свойства синтезированных наполнителей

Наименование образца	pH поверхности	Маслосъемкость, %
ВС	11,85	42
ДС	6,7	66,9

Анализ влияния синтезированных на основе золы рисовой шелухи наполнителей на эксплуатационные характеристики полимерных материалов проводился на примере эпоксидных полимеров. Установлено, что с ростом их концентрации имеет место закономерное повышение износостойкости эпоксидных композиций [5], величина которой с обоими исследованными наполнителями находится примерно на одном уровне (табл. 3).

Таблица 3

Эксплуатационные свойства наполненных эпоксидных материалов

Наполнитель	Твердость, усл. ед.	Износ 10^{-6} м	Прочность при отрыве (адгезия к стали), МПа	Прочность при изгибе, МПа
Без наполнителя	32,1	18,2	3,1	64,5
ВС	53,2	11,7	5,4	101,1
ДС	42,8	11,1	3,62	99,5

Примечание: содержание наполнителя 15 масс. ч. на 100 масс.ч. ЭД-20.

Снижение износа можно объяснить тем, что частицы силикатов, концентрируясь на поверхности трения, играют роль защитного экрана, локализуя в своем объеме деформации сдвига и предохраняющие поверхностный слой эпоксидного материала от разрушения [6].

При этом твердость эпоксидных композиций экстремально зависит от содержания наполнителей [5], она выше при применении ДС (табл. 3). Диоксид- и волластонитсодержащие наполнители увеличивают адгезию эпоксидных покрытий к стали и прочность материалов на изгиб (табл. 3).

Эксплуатационные характеристики в большей степени растут при применении в качестве наполнителя синтетического волластонита на основе золы рисовой шелухи, что можно связать с игольчатой формой их частиц и кристаллизацией в триклинной сингонии [7].

Показана эффективность использования для синтеза волластонит- и диоксидсодержащих наполнителей золы рисовой шелухи, как содержащей аморфный диоксид кремния. Применение этого отхода переработки зерна позволяет получить наполнители, улучшающие комплекс эксплуатационных свойств полимерных материалов, что показано на примере модификации ими эпоксидной смолы. Волластонит- и диоксидсодержащие наполнители увеличивают износостойкость, твердость, адгезионные и прочностные характери-

стики эпоксидных материалов. При этом больший модифицирующий эффект оказывает wollastonитсодержащий наполнитель.

Библиографический список

1. Лобачева Г. К., Желтобрюхов В. Ф. Состояние вопроса об отходах и современных способах их переработки. Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2005. 176 с.
2. Kalapathy U., Proctor A., Shultz J. An improved method for production of silica from rice husk ash // *Bioresource Technology*. 2002. Vol. 85. No. 3. P. 285–289.
3. Rice Husk Filled Polymer Composites / R. Arjmandi, A. Hassan, K. Majeed, Z. Zakaria // *International Journal of Polymer Science*. 2015. P. 32.
4. Верещагин В. И., Бурученко А. Е., Меньшикова В. К. Безусадочный облицовочный керамический материал на основе диоксида кремния // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 1. С. 12.
5. Fillers of polymeric materials based on rice husk :Study Guide / E. Gotlib, E. Yamaleeva, Na ThiNha Phuong, D. Sadykova, A. Sokolova. Kazan : Otechestvo, 2019. 92 p.
6. Изучение влияния высокодисперсных и наноразмерных неорганических добавок на структурно-физические характеристики эпоксидных матриц и свойства трибопластиков / В. К. Крыжановский, И. В. Никитина, О. Г. Ясногородская, В. Е. Бахарева, А. С. Савелов, И. В. Блышко // *Вопросы материаловедения*. 2009. Т. 57. № 1. С. 66–76.
7. Ciullo P. A., Robinson S. Wollastonite – versatile functional filler // *Paint and Coatings Industry*. 2009. No. 11. P. 50.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОСАХАРИВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ФЕРМЕНТНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ *IRPEX LACTEUS* (FR.) FR.

О. В. Чемерис

Донецкий национальный университет, chemeris07@rambler.ru

Дана оценка эффективности процесса осахаривания растительного сырья ферментными препаратами целлюлаз штаммов базидиального ксилотрофа *Irpex lacteus* 1080 и 1632. Установлено, что грибные ферментные препараты проявили определенную специфичность по отношению к разным видам растительного сырья. Наиболее оптимальной температурой ферментативного гидролиза исследованного растительного сырья является 42 °С.

Ключевые слова: ферментативный гидролиз, осахаривание, растительное сырье, *Irpex lacteus*.

Огромное количество целлюлозосодержащего сырья, которое можно конвертировать в полезные продукты, накапливается в результате деятельности деревообрабатывающей, пищевой промышленности и сельского хозяйства [1]. Большинство современных технологий переработки целлюлозосодержащих отходов до моно- и олигосахаридов основывается на химическом способе и лишь небольшая часть – на ферментативной деструкции полисахаридов клеточной стенки растений под действием высокоэффективных препаратов ферментов-карбогидраз. Получаемые сахара могут быть конвертирова-

ны с помощью продуцентов в спирты, amino- и органические кислоты, которые в свою очередь могут быть использованы в химической, фармацевтической, пищевой промышленности, а также в сельском хозяйстве [2].

Значительную часть сельскохозяйственных отходов составляют отходы птицеводства и животноводства [3, 4]. Объемы отходов, образующихся при выращивании сельскохозяйственных культур, сборе и обработке урожая, меньше, но их влияние на окружающую среду недооценено. Кроме того, растительные отходы агропромышленного комплекса – это весьма ценное возобновляемое сырье, из которого можно получать множество химических продуктов [5].

Особое внимание уделяется поиску новых штаммов – суперпродуцентов целлюлаз [6, 7]. Высшие базидиальные грибы продуцируют широкий спектр внеклеточных ферментов, позволяющих им утилизировать большой круг различных субстратов, в том числе и целлюлазный комплекс [6, 8, 9]. Поэтому актуальными являются исследования биотехнологического потенциала высших базидиальных ксилотрофов в процессах ферментативного гидролиза целлюлозосодержащего сырья.

Целью данной работы была оценка эффективности ферментных препаратов целлюлаз некоторых штаммов базидиального ксилотрофа *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. в процессах осахаривания растительного сырья.

Ферментные препараты целлюлаз были получены при твердофазном культивировании штаммов *I. lacteus* 1080 и 1632 на увлажненном кукурузном талаше в качестве лигноцеллюлозного субстрата. Внеклеточные ферменты целлюлозолитического действия экстрагировали холодной дистиллированной водой в течение 1 ч. Полученный экстракт ферментов центрифугировали при 3 000 об./мин.: в течение 5 мин.: для удаления частиц субстрата и мицелия. Ферментные препараты целлюлаз штаммов *I. lacteus* получали путем осаждения $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ при 100% насыщении [10]. Полученный осадок диализировали против дистиллированной воды при температуре +4–5 °С в течение 20 ч с целью обессоливания и удаления низкомолекулярных соединений [11].

Ферментные препараты целлюлаз штаммов *I. lacteus* 1080 и 1632 использовали для осахаривания следующих видов растительного сырья: солома пшеничная, солома ячменная, лузга семян подсолнечника и кукурузный талаш [12]. Редуцирующие сахара определяли методом Шомодьи-Нельсона (калибровочный график строили по глюкозе) [12–14]. Содержание белка определяли по методу Бредфорда [15].

Исследования проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку полученных данных осуществляли методом дисперсионного анализа [16].

На рисунке представлены данные по содержанию редуцирующих сахаров при гидролизе растительного сырья ферментными препаратами целлюлаз штаммов *Irpex lacteus* 1080 (а) и 1632 (б).

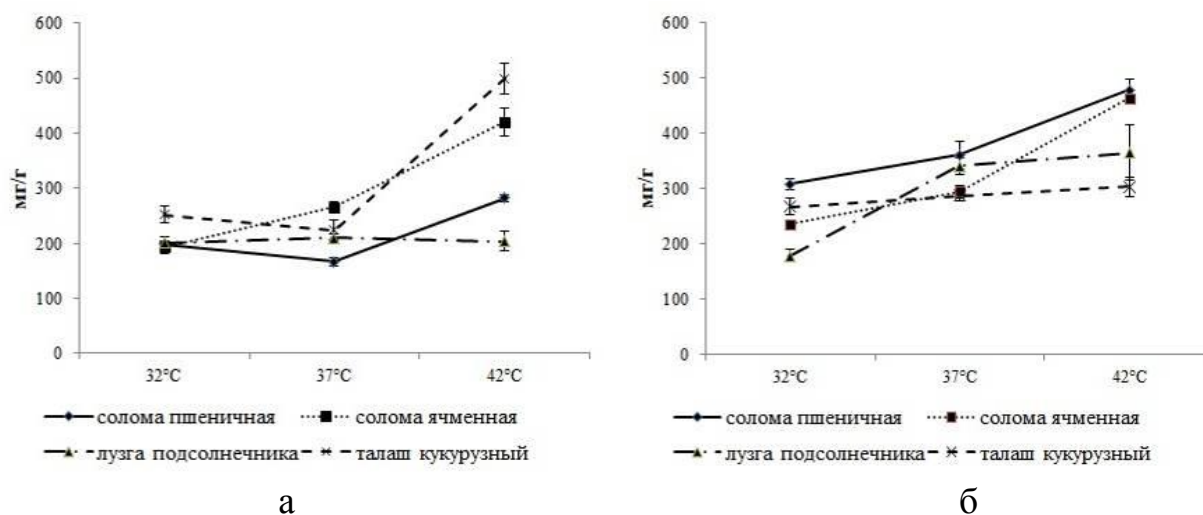


Рис. Содержание редуцирующих сахаров при гидролизе растительного сырья ферментными препаратами целлюлаз штаммов *Irpex lacteus* 1080 (а) и 1632 (б)

Наименьшее содержание редуцирующих сахаров от ~200 до 282 мг/г при ферментативном гидролизе пшеничной соломы отмечено для варианта использования энзимного препарата штамма *I. lacteus* 1080 независимо от температуры ферментации. При осахаривании пшеничной соломы ферментным препаратом штамма *I. lacteus* 1632 установлено более высокое содержание редуцирующих сахаров по сравнению с данными по штамму *I. lacteus* 1080, причем при температуре 42 °С количество редуцирующих сахаров достигало ~500 мг/г.

При ферментативном гидролизе ячменной соломы ферментными препаратами штаммов *I. lacteus* 1080 и 1632 содержание редуцирующих сахаров наблюдалось при 42 °С было значительно выше, чем при 32 °С и 37 °С, на уровне 20 мг/г и 463 мг/г соответственно.

При использовании энзимного препарата штамма *I. lacteus* 1080 количество редуцирующих сахаров при гидролизе лузги семян подсолнечника было на одном уровне ~210 мг/г независимо от температуры ферментации. При использовании целлюлозолитических ферментов штамма *I. lacteus* 1632 содержание выход редуцирующих сахаров был значительно выше при 37 °С и 42 °С, чем при 32 °С.

При осахаривании кукурузного талаша максимальный выход редуцирующих сахаров (~500 мг/г) отмечен при использовании высокой температуры ферментации – 42 °С и комплексного ферментного препарата целлюлаз штамма *I. lacteus* 1080, чем при использовании энзимов штамма 1632 (304 мг/г).

Таким образом, ферментные препараты целлюлаз штаммов *I. lacteus* 1080 и 1632 проявили определенную специфичность по отношению к разным видам растительного сырья и могут быть использованы для ферментативного гидролиза растительного сырья при температуре от 32 °С до 42 °С. Наиболее оптимальной температурой ферментативного гидролиза растительного сырья

(пшеничной и ячменной соломы, лузги подсолнечника, кукурузного талаша) является 42 °С.

Библиографический список

1. Бирюкова О. Н., Суханова Н. И. Основы биотехнологии. М. : Колос, 2004. 296 с.
2. Булахов А. Г. Свойства литических полисахаридмонооксигеназ из низших грибов : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 03.01.04 Биохимия, 03.01.06 Биотехнология (в том числе бионанотехнологии). М., 2018. 26 с.
3. Лысенко В. П. Экономика технологии ускоренной переработки птичьего помёта // Птицеводство. 2013. № 9. С. 43–47.
4. Тезиев Т. К., Оказов Т. А., Губаев Х. И. Производство кормов для свиней на откорме из барды и растительных отходов с использованием закваски Леснова // Известия Горского государственного аграрного университета. 2012. Т. 49. № 1–2. С. 143–144.
5. Баулин Н. К. Переработка отходов сельского хозяйства: проблемы и способы их решения // Наука без границ. 2021. № 5 (57). С. 16–20. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-othodov-selskogo-hozyaystva-problemy-i-sposoby-ih-resheniya/viewer> (дата обращения: 19.12.2022).
6. Древаль К. Г. Біотехнологічні особливості базидіальних грибів – продуцентів целюлозолітичних ферментів : автореф. дис. ... канд. біол. наук : спец. 03.00.20 Біотехнологія. Одесса, 2014. 20 с.
7. Мицелиальные грибы рода *Aspergillus*, *Fusarium* и *Alternaria* – продуценты целлюлолитических ферментов / Л. А. Иванова, Л. А. Чурмасова, И. А. Фоменко, Т. П. Кузьмичева // Наукосфера. 2020. № 5. С. 37–42.
8. Биотехнологический потенциал дереворазрушающих грибов для получения биотоплива / В. В. Володин, Н. Н. Шергина, В. В. Мартынов, С. О. Володина, А. А. Шубаков, Е. Ю. Кожевникова, Т. И. Ширшова, Р. Г. Василев // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова. 2021. Т. 17, № 4. С. 11–23.
9. Sanchez C. Lignocellulosic residues: biodegradation and bioconversion by fungi // *Bio-technology Advances*. 2009. No. 27. P. 185–194.
10. Бронуицкая З. С., Горетов В. П. Высаливание белков сернокислым аммонием при низких температурах // Приклад. биохимия и микробиология. 1967. Т. 3, № 6. С. 707–710.
11. Кочетов Г. А. Практическое руководство по энзимологии. М. : Высшая школа, 1980. С. 226–228.
12. Методы экспериментальной микологии: справочник / отв. ред. В. И. Билай. Киев : Наук. думка, 1982. 552 с.
13. Синицын А. П., Черноглазов В. М., Гусаков А. В. Методы изучения и свойства целлюлозолитических ферментов // Итоги науки и техники. Сер. Биотехнология. 1993. Т. 25. 152 с.
14. Nelson N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of sugars // *J. Biol. Chem.* 1944. Vol. 153. No. 2. P. 375–379.
15. Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // *Anal. Biochem.* 1976. Vol. 72. P. 248–254.
16. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів: навч. Посібник. Донецьк : Кассиопея, 1999. 210 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ЗАПАХА

Л. В. Пилип¹, Н. В. Сырчина², Д. А. Кузнецов²

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

² Вятский государственный университет, dimzaaa@gmail.com

Обработка жидкой фракции свиных навозных стоков специализированными микробиологическими препаратами для устранения неприятного запаха приводит к существенному увеличению газовой выделенности и незначительному снижению интенсивности запаха. Увеличение объема выделяющихся из навоза газов может привести к ухудшению качества воздуха в помещениях для содержания животных и увеличению расходов на вентилирование помещений.

Ключевые слова: запах, устранение запаха, микробиологические препараты, запаховое загрязнение, навозные стоки, животноводство.

Функционирование животноводческих предприятий сопряжено с эмиссией в окружающую среду значительного количества биогенных веществ [1], многие из которых имеют неприятный запах. Запахообразующие вещества (ЗОВ) образуются как в процессе жизнедеятельности животных, так и в результате микробиологической деструкции навоза и навозных стоков [2]. Основной вклад в эмиссию ЗОВ из биогенных отходов вносит анаэробная микробиота [3, 4]. В процессе жизнедеятельности анаэробные микроорганизмы выделяют различные летучие соединения, обуславливающие специфический запах [5, 6]. В число соответствующих ЗОВ входят аммиак, сероводород, меркаптаны, летучие жирные кислоты, амины, спирты, альдегиды, фенолы и многие другие компоненты. Объем и состав выделяемых в атмосферу продуктов разложения зависят от видового состава населяющих отходы микроорганизмов (МО), их количества и активности протекающих метаболических процессов [7, 8].

Запаховое загрязнение, прилегающее к животноводческим комплексам территорий приводит к снижению качества жизни населения [9]. Для устранения неприятных запахов используются различные технологии, основанные на физических, химических, физико-химических или микробиологических подходах, позволяющих снизить концентрацию ЗОВ в атмосферном воздухе и воздухе рабочих помещений. К основным недостаткам физических и физико-химических методов можно отнести необходимость использования специализированного дорогостоящего оборудования и высокие энергозатраты. Серьезным недостатком химических методов является опасность загрязнения окружающей среды реагентами или продуктами химических реакций [4, 6]. В этом отношении микробиологические методы, основанные на применении

штаммов непатогенных микроорганизмов, способных метаболизировать ЗОВ или снижать их эмиссию, имеют несомненные преимущества. Обработка навоза специализированными микробиологическими препаратами не требует дорогостоящего оборудования и не приводит к вторичному загрязнению окружающей среды опасными веществами. Трансформация микробных сообществ приводит к изменению характера газовой эмиссии. Установление связей между спецификой микробиоты и условиями ее существования открывает возможности для управления процессами эмиссии ЗОВ из биогенных отходов.

Цель настоящей работы состояла в оценке влияния специализированных микробиологических препаратов на интенсивность запаха и эмиссию газов из жидкой фракции навозных стоков свиноводческого предприятия.

Для проведения исследований использовали препараты «Биологический активатор «БИОСПЛИТ» (ООО «Ассорти») и «БИОСЕПТИЛОН, ЖиП» (компания БИОМЕДХИМ). Согласно информации производителей, оба препарата предназначены для устранения неприятного запаха, образующегося при разложении биогенных отходов. В заявленный состав препаратов входят высокоэффективные штаммы непатогенных и неопасных для людей и животных микроорганизмов.

Препараты применяли в соответствии с рекомендациями производителей. В качестве субстрата использовали жидкую фракцию (ЖФ), получаемую методом сепарирования откачиваемых из навозосборных ванн свиных навозных стоков (рН = 6,8; влажность: 99,1%).

Для оценки интенсивности и характера (гедонистического тона) запаха привлекали группу экспертов из 6 человек. Запах оценивали органолептическим методом и выражали в баллах по шкале от 0 до 5: 0 – запах отсутствует; 1 – очень слабый запах; 2 – слабый запах; 3 – запах средней силы; 4 – выраженный неприятный запах; 5 – неприятный запах, характерный для нативных навозных стоков.

Для проведения экспериментальных исследований образцы ЖФ помещали в чистые пластиковые пятилитровые емкости, вносили биопрепараты, согласно рекомендациям производителей, закрывали емкости пробками с газоотводными трубками. Объем ЖФ в каждой емкости составлял 3 л. Выделяющиеся газы собирали в специальные пакеты для отбора проб воздуха. Время эксперимента составило 7 суток. На протяжении всего эксперимента емкости с ЖФ выдерживали в темном помещении при температуре 22 ± 2 °С. Эксперимент выполняли в трех повторностях. Полученные результаты статистически обрабатывали в программе «Microsoft Excel» по общепринятым методикам. Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице.

Влияние биопрепаратов на выделение газов и запах жидкой фракции навозных стоков

Вариант	Состав	Объем выделившихся газов, мл	Интенсивность неприятного запаха, баллов
1	ЖФ без добавок (контроль)	3450±150	5
2	ЖФ + «Биологический активатор «БИОСПЛИТ»	7650±240	4,1±0,1
3	ЖФ + «БИОСЕПТИЛОН, ЖиП»	3900±220	3,7±0,3

Примечание: * – жирным шрифтом выделены варианты, достоверно ($P > 0,95$) отличающиеся от контроля.

Добавки биологических препаратов привели к увеличению общего объема выделяющихся газов, характер и интенсивность запаха при этом заметно не изменились. Увеличение газовой выделенности под влиянием препаратов является весьма нежелательным явлением в помещениях для содержания животных, поскольку в составе выделяемых газов преимущественно содержатся CO_2 и CH_4 [10, 11]. Повышенное содержание этих газов в воздухе, оказывает негативное влияние на продуктивность животных [12] и здоровье людей [13, 14], а также требует дополнительных затрат на поддержание нормативных параметров микроклимата.

Полученные в ходе исследований данные свидетельствуют о неоднозначных результатах, которые могут быть получены при обработке навозных стоков биопрепаратами, предназначенными для устранения запаха. Для выработки обоснованных рекомендаций по применению соответствующих биопрепаратов в условиях животноводческих комплексов необходимо проведение дополнительных исследований.

Библиографический список

1. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Экологическая проблема отрасли свиноводства // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. материалов XIV Междунар. науч.-практ. конф. : в 2-х кн. Кн. 2. Барнаул : Алтайский государственный аграрный университет, 2019. С. 193–196.
2. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Содержание сероводорода в атмосферном воздухе вблизи свиноводческих предприятий // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 кн. Кн. 1. Киров : Вятский государственный университет, 2020. С. 129–132.
3. Пилип Л. В., Казакова М. Э. Роль микрофлоры навозных стоков в образовании запахов // Бутлеровские сообщения. 2021. Т. 66, № 4. С. 36–40.
4. Влияние подкисления навозных стоков на их микробиологические характеристики / Л. В. Пилип, В. А. Козвонин, Н. В. Сырчина Е. П. Колеватых, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 161–167. doi 10.25750/1995-4301-2020-3-161-167
5. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Роль аммонификаторов в эмиссии аммиака из свиных навозных стоков // Известия КГТУ. 2023. № 68. С. 46–54.

6. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Влияние подкисления на эмиссию сероводорода в органических отходах свинокомплексов // Проблемы региональной экологии. 2021. № 4. С. 102–106.
7. Трансформация микробиоты отходов животноводства под влиянием химических реагентов для устранения запаха / Е. П. Колеватых, Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 159–165. doi 10.25750/1995-4301-2022-4-159-165
8. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Оценка эффективности различных препаратов для снижения запахового загрязнения окружающей среды отходами свиноводства // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2022. № 25-2. С. 206–215.
9. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Контроль запахового загрязнения атмосферного воздуха (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 26–34. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-026-034
10. Кантор Г. Я., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Моделирование углеродного баланса полигонов твёрдых коммунальных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 198–204. doi 10.25750/1995-4301-2022-1-198-204
11. Вклад углекислого газа и воды в парниковый эффект / Н. В. Сырчина, Г. Я. Кантор, В. Н. Пугач, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 218–223. doi 10.25750/1995-4301-2021-4-218-223
12. Архипцев А. В., Игнаткин И. Ю. Автоматизированная система микроклимата с утилизацией теплоты вытяжного воздуха // Вестник НГИЭИ. 2016. № 4 (59). С. 5–14.
13. Гошин М. Е., Бударина О. В., Демина Н. Н. Анализ состояния здоровья населения, проживающего в условиях загрязнения атмосферного воздуха пахучими веществами (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99, № 9. С. 930–938.
14. Чепегин И. В., Андрияшина Т. В. Выбросы пахучих веществ в атмосферу. Проблемы и решения // Вестник Казанского Технологического университета. 2013. Т. 16. № 10. С. 80–83.

ОЦЕНКА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ БАКТЕРИЙ *PSEUDOMONAS* SP. В ХОДЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТА

А. А. Лукаткин, А. С. Лукаткин

*Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева,
ussr1960@yandex.ru*

В статье рассмотрено создание биопрепарата на основе бактерий *Pseudomonas* sp., культивируемых на послеспиртовой барде, и оценка длительности сохранения жизнеспособных клеток при различных температурах (4 или 25 °С). Показано, что длительное хранение биопрепарата при положительных температурах не оказало существенного отрицательного влияния на жизнеспособность культуры и способность ее клеток активно расти. Выдерживание биопрепарата при пониженной положительной температуре способствовало сохранению максимального количества живых клеток в течение 40 суток.

Ключевые слова: биопрепарат, *Pseudomonas* sp., послеспиртовая барда, хранение, титр клеток, температура, жизнеспособность.

В последние годы в России и мире растет интерес к экологически чистым и сравнительно безопасным в применении микробиологическим препаратам. Биологические методы, по сравнению с химическими, не оказывают отрицательного влияния на окружающую среду, в природе сохраняются полезные микроорганизмы и насекомые. Использование биопрепаратов на основе стимулирующих рост растений бактерий (Plant Growth-Promoting Bacteria, PGPB) вместо химических средств защиты положительно влияет как на состояние посевов сельскохозяйственных культур, так и на экосистемы [1].

При разработке технологии получения биопрепаратов важно подобрать питательные среды, обеспечивающие не только максимальный выход биомассы, но и снижение себестоимости готового продукта [2]. Перспективным является использование отходов пищевого производства. Одним из таких отходов является послеспиртовая барда, содержащая белки, минеральные соли, остатки полисахаридов [3]. Известно, что на спиртовых заводах ежегодно образуется огромное количество вторичных сырьевых ресурсов, и одной из самых насущных проблем спиртовой отрасли является решение вопросов переработки образующихся отходов [4]. Значительное место среди них занимает послеспиртовая барда – быстрозакисающая жидкость, которая, тем не менее, обладает питательной ценностью, ведь именно в барде содержится весь белок зерна [3].

При переработке крахмалистого сырья на спирт в барду переходят сухие вещества бражки, за исключением углеводов, из которых образуются спирт, диоксид углерода и другие летучие продукты [5]. Зерно-картофельная барда содержит до 8% сухих веществ и имеет кислую реакцию (рН 4,2–4,6) [6]. Барда представляет значительную опасность для окружающей среды вследствие слабой утилизации, низкого рН и высокого содержания нуклеиновых кислот [3]. Поэтому использование барды в качестве основы питательной среды при культивировании PGPB позволит снизить себестоимость итогового продукта и будет способствовать улучшению экологического состояния окружающей среды.

Биологические препараты на основе PGPB создают для усиления роста сельскохозяйственных растений, а также для их защиты от действия стрессовых факторов [7]. При этом, для увеличения длительности сохранения защитного эффекта биопрепарата, важным моментом является поддержание титра клеток PGPB на определенном, достаточно высоком уровне. Температура является одним из основных внешних факторов, определяющих, во-первых, способность клеток к выживанию после длительного нахождения вне оптимальных значений, а во-вторых, способность их к росту в этих условиях. Целью работы было изучение влияния сроков хранения биопрепарата на основе бактерий *Pseudomonas* sp. на количество живых клеток PGPB.

Для приготовления биопрепарата инокулят, содержащий бактерии *Pseudomonas* sp. в количестве 10%, добавляли в среду, содержащую жидкую фракцию послеспиртовой барды (рН доводили до 7,0). Культивирование осуществляли в статических условиях при температуре 24±1 °С в течение 27 ч.

Жизнеспособность клеток *Pseudomonas* sp., определяли методом Коха, сразу после получения биопрепарата и после 10, 20, 30, 40, 50 суток хранения при 4 или 25 °С.

Исходный титр исследуемого препарата свидетельствует о высокой жизнеспособности культуры (табл.). В условиях хранения при 25 °С сохранялась тенденция к увеличению титра клеток, и через 20 суток отмечено максимальное значение титра, обусловленное оптимальными температурными условиями для развития бактерий. Однако в дальнейшем титр клеток снизился, что может быть связано со старением и гибелью части бактериальных клеток вследствие снижения возможности размножения.

Таблица

Титр клеток *Pseudomonas* sp. в процессе хранения, КОЕ/мл

Длительность хранения, сут	Температура хранения, °С	
	4	25
0	$1,3 \cdot 10^9$	$1,9 \cdot 10^9$
10	$3,3 \cdot 10^{10}$	$4,7 \cdot 10^{11}$
20	$7,5 \cdot 10^{11}$	$1,4 \cdot 10^{13}$
30	$1,5 \cdot 10^{12}$	$2,7 \cdot 10^{12}$
40	$2,6 \cdot 10^{12}$	$1,8 \cdot 10^{11}$
50	$2,1 \cdot 10^{11}$	$3,6 \cdot 10^{10}$

В ходе хранения при 4 °С в течение 40 суток количество колониеобразующих единиц РГРВ постепенно увеличивалось; титр клеток оставался высоким на протяжении всего исследуемого периода, вероятно вследствие замедления метаболических процессов. Однако все полученные в ходе хранения объекта показатели удовлетворяли требованиям, предъявляемым к биопрепаратам, согласно которым количество активных клеток должно составлять не менее 10^7 – 10^9 КОЕ/мл [2].

Таким образом, длительное хранение биопрепарата при положительных температурах не оказало существенного отрицательного влияния на жизнеспособность культуры и способность ее клеток активно расти. Выдерживание биопрепарата при пониженной положительной температуре способствует сохранению максимального количества живых клеток в течение 40 суток.

Библиографический список

1. Plant growth-promoting bacteria (PGPB) integrated phytotechnology: A sustainable approach for remediation of marginal lands / V. Poria, K. Dębiec-Andrzejewska, A. Fiodor, M. Lyzohub, N. Ajijah, S. Singh, K. Pranaw // *Front. Plant Sci.* 2022. Vol. 13. Art. 999866.
2. Логинов О. Н. Новые микробиологические препараты для сельского хозяйства и восстановления окружающей среды : дис... д-ра биол. наук. Уфа : Институт биологии УНЦ РАН, 2004. 299 с.
3. Антипов С. Т., Журавлев А. В. Проблемы комплексной переработки послеспиртовой зерновой барды // *Производство спирта и ликероводочных изделий.* 2005. № 2. С. 36–38.
4. Маринченко В. А. Смирнов В. А., Устинников Б. А. Технология спирта. М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. 416 с.

5. Яровенко В. Л., Маринченко В. А., Смирнов В. А. Технология спирта. М. : Колос, 1999. 464 с.

6. Мандреа А. Г. Спиртовая барда. Технология утилизации // Пищевая промышленность. 2004. № 3. С. 54–55.

7. Phour M., Sindhu S. S. Mitigating abiotic stress: microbiome engineering for improving agricultural production and environmental sustainability // Planta. 2022. Vol. 256. Art. 85.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОБАВОК В ВИДЕ ЗОЛЫ УНОСА И КОКСОВОЙ МЕЛОЧИ ПРИ СОЗДАНИИ ПОЧВОСМЕСЕЙ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

*Я. В. Пухальский¹, С. И. Лоскутов¹, Я. Н. Шифон²,
Г. С. Постников², П. С. Каушан²*

¹ *Ленинградский государственный университет имени А. С. Пушкина,
pushkin@lengu.ru*

² *Новосибирский государственный университет, fmsh@sesc.nsu.ru*

Проведен литературный анализ возможности использования нетрадиционных материалов (золы уноса и коксовой мелочи) с промышленных производств с целью их вовлечения в технологический цикл создания почвогрунтов для выращивания культурных растений в условиях закрытого грунта.

Ключевые слова: коксовая мелочь, зола уноса, почвогрунт, растениеводство.

Из года в год, в результате эрозии и опустынивания [1], происходит сокращение площади плодородных земель [2]. Не последнюю роль в этом процессе играет антропогенная деятельность человечества, численность которого, с каждым годом, наоборот, возрастает в планетарном масштабе. При этом, вследствие глобализации и постепенного стирания границ между городом и деревней, происходит образование городских агломераций. Таким образом, все большая доля народонаселения нашей планеты становится городской. По прогнозу ООН к 2050 году в среднем в городах по всему миру в индустриально развитых странах будет проживать до 72–85% от общей численности населения Земли [3]. Помимо, естественного вектора развития человечества, повышения степени урбанизации связано с миграцией – явлением, обусловленным сугубо экономическими факторами. Однако, перенаселение людей в растущие мегаполисы влечет за собой проблему, связанную с их продовольственной безопасностью. Поскольку выращивание сельскохозяйственных культур в открытом грунте здесь уже не целесообразно, ввиду техногенного загрязнения городских почв (агроурбаноземов), и просто исходя из логических предпосылок, пищевую продукцию приходится завозить из удаленных регионов, что в результате сказывается на её конечной стоимости. Кроме того, у многих переселенцев имеется стремление потреблять лишь продукцию, выращенную экологически чистым путем. Поэтому им приходится делать за-

купки в магазинах, специализирующихся на продаже органических продуктов (Organic food), но в подобных ритейлерах цена на данный товар еще выше. Также нужно отметить тот факт, что закон о сертификации экологически чистой продукции в России вступил в силу лишь с 1 января 2020 года, поэтому пока таких магазинов, продающих подлинную органическую продукцию, отечественного производства, пока не так много. Можно, конечно покупать продукцию, сертифицированную по западным стандартам качества, но в связи с последними событиями в мире, это становится весьма затруднительно из-за логистических издержек и ее удорожания. По итогу, мы имеем с одной стороны факт роста социального и экономического благосостояния людей, перебравшихся жить в большие города, с другой, повышение стоимости проживания и получения здорового питания. Все это наводит людей на мысль заведения в черте города личных подсобных хозяйств (ЛПХ), где уже в условиях закрытого (защищенного) грунта они снова могут заниматься органическим земледелием и сами выращивать для себя биопродукцию. В отличие от открытого грунта, производственная необходимость выдвигает здесь свои требования по выращиванию культурных растений. В частности это не только подбор адаптированных сортов, но и создание особых условий их выращивания (микроклимата помещений), а также создание искусственных почв (почвосмесей). Последние должны быть ориентированы не только под выращивание определенных культур, но и иметь унифицированную форму применения.

По литературным данным, почвосмесь – это любой плодородный грунт, не имеющий постоянного состава [4]. Его наполнение зависит лишь от материала и способа получения. Их классификации, как по видам, так и по числу и соотношению слагаемых переменных не существует. Поэтому гроувер тут свободен в выборе компонентов и конечный состав субстрата зависит лишь только от его фантазии и уровня аграрной образованности. Традиционно, в современном органическом земледелии при приготовлении почвосмесей чаще всего используют 2–3 компонента: непосредственно саму почву, торф и песок, взятые в определенной пропорции. Торф при этом можно брать как верховой, в случае создания компостов и отсутствия почв, либо переходной или низинный, более обогащенных питательными веществами, при смешивании с бедными почвами и песком. В качестве модифицирующих добавок, разрыхляющих полученный субстрат и повышающих его воздухопроницаемость и влагообеспечение, также используют цеолит, агроперлит, вермикулит, керамзит и прочее. Недостатком здесь является обязательное внесение минеральных удобрений и снижающих кислотность торфа веществ.

Основным приоритетом при выборе того или иного компонента при создании искусственной почвосмеси являются его доступность, низкая цена и наличие сырьевой базы. В настоящее время мало внимания уделяют повторному использованию побочных продуктов промышленных производств. Неоднозначность в данной тематике вызывает большой интерес в мировом сообществе и среди практикующих аграриев [4]. Также этот вопрос привлека-

ет внимание среди ученых, которые ведут постоянные поиски среди нетрадиционных материалов для их вовлечения в технологический цикл создания новых почвогрунтов. Проводятся первичные испытательные работы в лабораторных условиях. Исследования ведутся по изучению изменения разных биометрических и биохимических показателей. Главное это отсутствие токсичности получаемого субстрата и аккумуляции токсикантов в растительной биомассе. Дальнейшие исследования проводят уже в вегетационных опытах. По окончании, в случае положительной апробации по всем приведенным параметрам, новому субстрату выдается сертификат (экспертное заключение Роспотребнадзора) безопасности его использования. Отдельно можно отметить, что, несмотря на введенную систему добровольной сертификации, большая часть коммерческих почвогрунтов на рынке не соответствует нормативным требованиям.

Возможными кандидатами на роль потенциальных добавок, вносимых в создаваемые почвосмеси, могут служить зола уноса и коксовая мелочь (коксовая пыль). Зола уноса (далее зола) представляет собой тонкодисперсный материал, состоящий, как правило, из частичек размером от долей микрона до 0,14 мм. Она образуется в результате сжигания твердого топлива на теплоэлектростанциях и улавливается электрофильтрами, после чего в сухом состоянии отбирается с помощью золоотборника на производственные нужды, либо вместе с водой и шлаком отправляется на золоотвал [5]. Строение и состав золы зависит от целого комплекса одновременно действующих факторов: вида и морфологических особенностей сжигаемого топлива, тонкости помола в процессе его подготовки, зольности топлива, химического состава минеральной части топлива, температуры в зоне горения, времени пребывания частиц в этой зоне и др. В соответствии с ГОСТ 25818-91 [6] все золы по виду сжигаемого угля и химическому составу подразделяют на:

- антрацитовые, образующиеся при сжигании антрацита и каменного угля – кислые;
- каменноугольные, образующиеся при сжигании каменного угля – основные, содержащие оксид кальция до 10%;
- буроугольные, образующиеся при сжигании бурого угля – основные, с содержанием оксида кальция более 10% по массе.

Обычно зола используется в строительной промышленности при производстве шлакоблоков и тротуарной плитки. Однако, содержащиеся в ней микроэлементы, такие как бериллий, бор, железо, селен, галлий, мышьяк, молибден, серебро, в 10–200 раз превышающие их содержание в почве, делает возможным ее использование в качестве удобрения для растений [7]. Имеются сведения, что зола является привлекательным материалом при создании почвосмесей [8]. Установлено, что зола-уноса может выступать в качестве перспективного мелиоранта, улучшающего биологическое и химическое состояние почвы деградированных земель, в частности в условиях засоления [9]. Учитывая ее высокую дисперсность, корневая система растений будет хорошо развиваться. Из-за относительно высокоразвитой удельной по-

верхности соединения золы вначале подвергаются гидратации с последующим гидролизом. Малорастворимые соли калия и магния будут здесь постепенно усвоены корневой системой, что делает этот компонент пролонгирующего действия по данным ионам [10].

Коксовая мелочь представляет собой тонкодисперсные отходы кокса с размерами частиц от нескольких микрон до 6 мм, которые не требуют дополнительных затрат на утилизацию. Проблема утилизации коксовой мелочи, а особенно ее пылевидных фракций, остается в перерабатывающей отрасли актуальной и в плане решения вопроса полноты использования суммарного кокса, и по экологическим соображениям. Согласно многим литературным данным, оптимальными методами здесь являются технологии брикетирования и таблетирования [11]. На рисунке представлены основные перспективные направления утилизации коксовой мелочи.



Рис. Возможные области использования коксовой мелочи

По нашим соображениям благодаря пористой структуре и высокому содержанию углерода, она также может идти в дренаж для улучшения влагопо-

требления субстрата и сорбирования на себе ионов и полезных ризобактерий. Имобилизованные на поверхности микроорганизмы будут участвовать в улучшении питания формирующихся растительно-микробных симбиосистем.

Библиографический список

1. Рамазонов Б. Р. Процессы эрозии, опустынивание в природе и их основные характеристики // Academic research in educational sciences. 2021. Vol. 2. No. 5. P. 386–396. doi: 10.24411/2181-1385-2021-00903
2. Барсукова Г. Н., Шеуджен З. Р., Деревенец Д. К. Сокращение площади сельскохозяйственных угодий и пашни как общемировая тенденция уменьшения части ресурсного потенциала аграрного производства // International Agricultural Journal. 2021. Vol. 64. No. 6. P. 524–544. doi: 10.24412/2588-0209-2021-10413
3. Агаширинова В. Ю. Урбанизация как сложное комплексное явление // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2019. Т. 8, № 42. С. 178–191.
4. Почвогрунт: обзор методов получения и возможностей применения / А. П. Глинушкин, Л. Л. Свиридова, М. А. Севостьянов, И. И. Сычева, Е. В. Гришина // Биотика. 2018. Т. 6, № 25. С. 10–19.
5. Корецкий Д. С. Исследование возможности использования золы уноса как минеральной добавки в растениеводстве // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2011. Т. 1, № 83. С. 66–68.
6. ГОСТ 25818-91 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия» (утв. и введен в действие постановлением Госстроя СССР от 4 февраля 1991 г. N 4) (с изменениями от 4 декабря 2000 г.).
7. Кондратенко Ю. А., Исхаков Х. А. Свойства летучей золы как субстрата почвы // Сибирский уголь в 21 веке. 2009. Т. 8–9. С. 30–31.
8. Исхаков Х. А., Счастливец Е. Л., Кондратенко Ю. А. Зола уноса в качестве компонента почвенного субстрата // Экология и промышленность России. 2009. Т. 3. С. 17.
9. Влияние ионообменных сорбентов и золы-уноса на повышение устойчивости растений ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в условиях солевого стресса / Д. С. Мухамеджанова, И. В. Аксенова, Б. Б. Ильясова, Р. Т. Омаров // Вестник Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилева. Серия: Биологические науки. 2020. Т. 2, № 131. С. 43–53.
10. Зола теплоэлектростанций как основа для создания почвенного субстрата / Х. А. Исхаков, М. М. Колосова, Г. Т. Усов, С. И. Бухтояров // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2006. Т. 6, № 57. С. 118–121.
11. Яблокова М. А., Пономаренко Е. А., Георгиевский Н. В. Современные технологии и оборудование для утилизации мелких нетоварных фракций нефтяного кокса (обзор) // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института. 2016. Т. 34. № 60. С. 67–78.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПЕРЕРАБОТКИ БЛИСТЕРНОЙ УПАКОВКИ

А. М. Дувакин, К. О. Камалов
Вятский государственный университет,
stud126866@vyatsu.ru, usr00705@vyatsu.ru

В статье представлены сведения о существующих методах переработки блистерных упаковок, а также ход и результаты разработки нового метода возможной переработки блистерной упаковки с отделением алюминиевой фольги от полимера и получения из алюминиевых отходов порошкообразного оксида алюминия (Al_2O_3) высокой чистоты.

Ключевые слова: переработка блистерной упаковки, блистер, сортировка полимеров, алюминиевый порошок, нитрат алюминия, оксид алюминия.

Пластик – самый популярный материал современности. Низкая себестоимость, прочность и универсальность применения способствуют широкому распространению производства пластиковых изделий. В глобальном масштабе производятся миллионы тонн пластикового мусора. При этом пластик вредит планете и всему живому на ней. Через грунтовые воды микрогранулы пластика и его компоненты просачиваются к ближайшим источникам, что нередко приводит к гибели животных. Попадая в морепродукты пластик по пищевым цепям проникает и в организм человека. Блистер является одним из типов пластиковой упаковки, переработка которого необходима, потому что входящие в ее состав компоненты (фольга и пластик) разлагаются в природе в течение многих лет. Этих последствий можно избежать, если отправлять блистеры на переработку, чтобы произвести из него новые востребованные товарные продукты.

Блистерная упаковка занимает большую долю в упаковочном производстве (около 20%), в фармацевтическом – около 60% [1]. Такое широкое применение блистерная упаковка нашла благодаря эффективной и простой технологии её производства, практичности и удобству. В качестве термоформирующей плёнки для упаковки применяется чаще всего жёсткий ПВХ, толщина которого составляет 0,20–0,35 мм. Такой материал легко поддаётся формованию и термосклеиванию с материалами (фольгой, бумагой, картоном), которые покрыты термолаковым слоем, чаще всего на основе полиакриламидов [2].

Универсального способа переработки блистерной упаковки нет до сих пор. Проблема с композитными отходами заключается в том, что их сложнее и дороже перерабатывать по сравнению с однородными материалами, поскольку необходимо разделять разные материалы. Трудность её заключаются в том, что полимер прочно скреплён термоклеевым слоем с алюминиевой подложкой, поэтому механические способы разделения блистерной упаковки

недостаточно эффективны. В связи с этим, чаще всего перерабатывают блистеры следующими способами:

1. Пиролиз – сжигание упаковок с образованием тепловой энергии. Продукт сгорания (триоксид алюминия) служит сырьем для производства цемента.

2. Горячее прессование – наиболее простая технология переработки блистеров. Подвергшаяся горячему прессованию ПАС (пластиково-алюминиевая смесь) применяются в строительстве в качестве сырья для изготовления панелей, кровельных и строительных материалов.

3. Высокотемпературная грануляция ПАС. Гранулы находят широкое применение в производстве пластмассовых изделий. Благодаря отличному качеству получаемого сырья метод грануляции постепенно вытесняет пиролиз и получает все большее распространение.

Была проведена серия лабораторных опытов по отделению алюминия от полимера в блистерной упаковке, а также дальнейшему переводу алюминиевой фольги в порошкообразный оксид.

В первую очередь изучалась возможность отделения фольги от полимерной подложки. На основании исследований, представленных в патенте [3] были проведены опыты по отделению алюминия от полимера методом растворения алюминиевой части в уксусной кислоте, которые не дали ожидаемых результатов. В дальнейшем были использованы другие растворители: керосин, этанол, ацетон. Максимальную эффективность показал ацетон, где происходило полное отслоение поливинилхлорида, а также частичное удаление краски с фольги. Полноценная очистка фольги от красящих веществ была произведена в муфельной печи марки SNOI при обжиге в течение 10 минут при температуре 500 °С. Результат данного этапа показан на рисунке 1. На данном этапе было сделано предположение о том, что краска на фольге имеет углеродную основу, что подтвердилось исследованиями на различных режимах термообработки.



Рис. 1. Алюминиевая фольга после термообработки

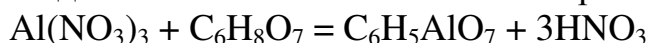
Перевод алюминия в оксид было решено проводить последовательно: растворением в азотной кислоте с получением нитрата алюминия и дальнейшим его переводом в цитрат алюминия. Для этого была проведена серия опытов по растворению фольги в растворах HNO_3 различных концентраций, результаты которой сведены в таблицу.

Таблица

Влияние концентрации азотной кислоты на растворение фольги

Массовая доля HNO_3 в растворе, %	Наблюдаемый эффект
15	Пассивация алюминия
25	Медленное растворение алюминия
35	Максимальная скорость растворения
50	Пассивация алюминия

Растворение проводили в термостойком стакане на лабораторной плитке при заданной температуре 105 °С. Полученный раствор охлаждали до комнатной температуры и отфильтровывали через бумажный фильтр. В дальнейшем раствор упаривали до пастообразного состояния. Полученную пульпу сжигали в присутствии лимонной кислоты на плитке при температуре 270 °С. Реакция проходит в соответствии со стехиометрией данного процесса:



После сжигания получился порошкообразный продукт бурого-коричневого цвета. Данное кристаллическое вещество было измельчено путём растирания в ступке в мелкодисперсную пыль и поставлено на прокаливание в муфельную печь марки SNOL при температуре 700 °С. Из образовавшегося серого порошка были взяты 2 навески по 0,5 г, которые спрессовали на ручном прессе под давлением 2,8 тонн. Получившиеся образцы (рис. 2 а) прошли процедуру спекания в муфельной печи при температуре 1200 °С. В результате прокаливания получили образцы белого цвета (рис. 2 б).



а



б

Рис. 2. Фотографии образцов: а – после прессования; б – после термообработки

Полученный продукт был подвергнут рентгенофлуоресцентному анализу на спектрометре Shimadzu EDX-720P. Анализ проб показал присутствие сторонних металлов: Fe (2,73%) и Zn (0,07%), которые являются компонентами сплава, из которого состоит фольгированная прослойка блистерной упаковки. Содержание алюминия составило 97,2%.

Таким образом, в ходе научно-исследовательской работы были проведены исследования, на основании которых подтвердилась возможность отде-

ления полимера от алюминиевой подложки в блистерных упаковках. В ходе работы получен полимер (поливинилхлорид), готовый к дальнейшей переработке, а также нанодисперсный порошок оксида алюминия с содержанием последнего 97,2%, что соответствует стандарту чистоты 95 %. Оксид такой чистоты может использоваться в производстве мембранных фильтров, химической посуды, керамической брони и других областях.

Библиографический список

1. Пантюхина Е. В., Котляров В. С., Пантюхин О. В. Перспективные технологии изготовления пищевой упаковки. Тула : Изд-во ТулГУ, 2018. 210 с.
2. Муравин Я. Г., Толмачева М. Н., Додонов А. М. Применение полимерных и комбинированных материалов для упаковки пищевых продуктов. М. : Агропромиздат, 1985. 205 с.
3. Гонопольский А. А., Николайкина Н. Е. Способ утилизации слоистых алюминированных материалов и реактор для разделения слоистых алюминированных материалов. Патент РФ № 2412805. 2011.

Научное издание

ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ:
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
24–25 апреля 2023 г.

Книга 1

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова
Дизайн обложки: Ю. Д. Иванова

Вятский государственный университет,
610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

Подписано к печати 21.04.2023. Формат 60 x 84/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Усл. п. л. 25,3. Тираж 35 экз. Заказ 17.

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