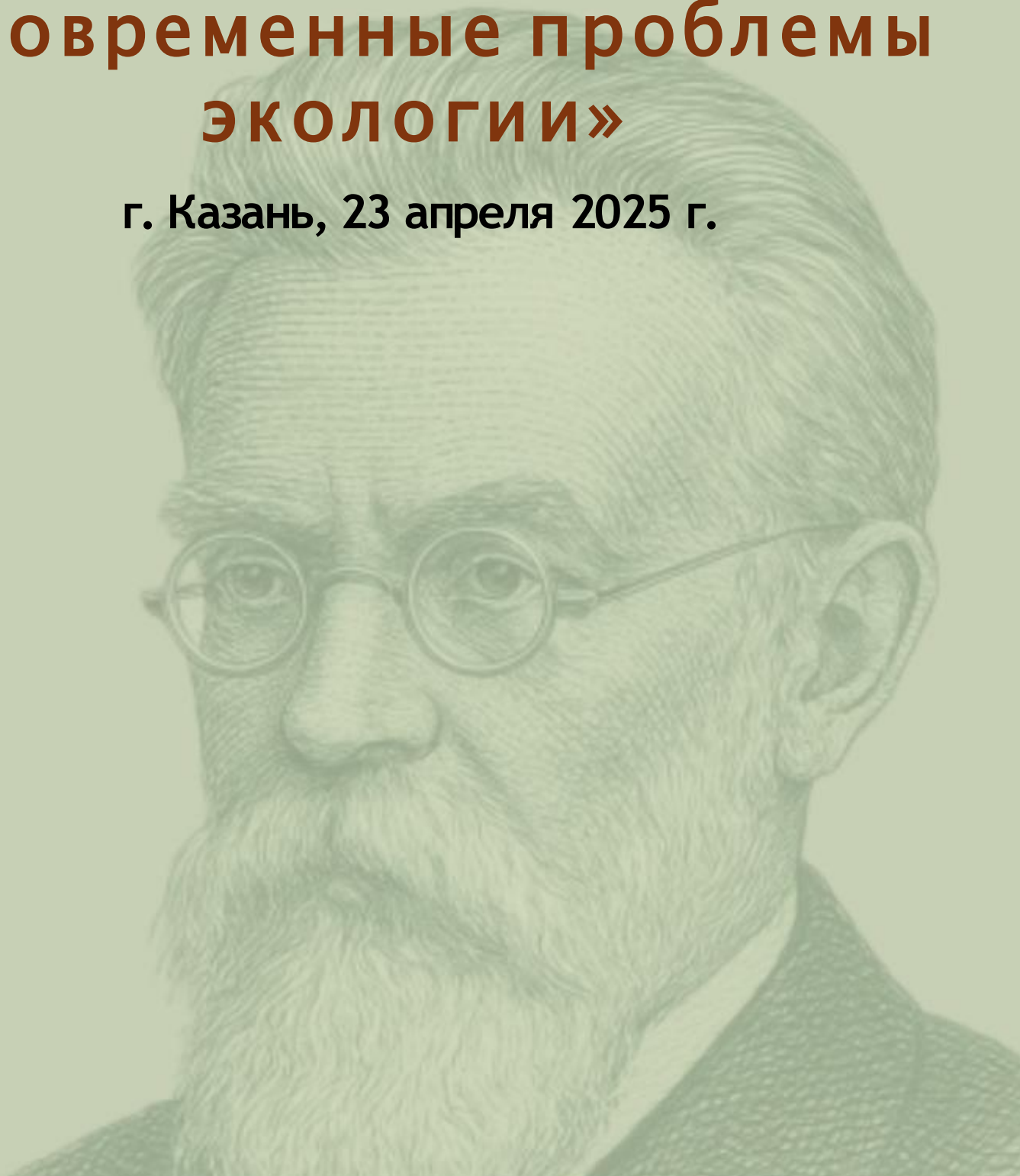


СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Международной научно-практической конференции

«Наследие В.И. Вернадского и современные проблемы ЭКОЛОГИИ»

г. Казань, 23 апреля 2025 г.



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Академия наук Республики Татарстан
Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Московский государственный строительный университет
Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
Московский автомобильно-дорожный государственный технический
университет
Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной
медицины
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет
Сианьский университет архитектуры и строительства
Белорусский государственный технологический университет
Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева
Казанский государственный энергетический университет**

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Международной научно-практической конференции

**«Наследие В.И. Вернадского
и современные проблемы экологии»**

г. Казань, 23 апреля 2025 г.

**Казань
2025**

УДК 378; 504.06

ББК 20.1

C23

C23 Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Наследие В.И. Вернадского и современные проблемы экологии» (г. Казань, 23 апреля 2025 г.) [электронный ресурс]: электрон.сборн. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – Электрон, текстовые и граф. данные (4,83 Мбайт). – Казань, 2025. – 334 с.- 1 эл.опт.диск (CD-ROM)

ISBN 978-5-7829-0617-7

Главный редактор

Доктор химических наук, профессор кафедры «Химия и инженерная экология в строительстве» КГАСУ **Строганов В.Ф.**

Заместитель главного редактора

Старший преподаватель кафедры «Химия и инженерная экология в строительстве» КГАСУ **Антонова И.И.**

Редакционная коллегия

Проректор по научно-исследовательской деятельности КГАСУ **Вдовин Е.А.**

Профессор кафедры «Рациональное природопользование» МГУ имени М.В. Ломоносова, доктор географических наук, старший научный сотрудник
Мазуров Ю.Л.

Заведующая кафедрой «Общая химия и экология» КНИТУ - КАИ, доктор химических наук, профессор **Тунакова Ю.А.**

Заведующая кафедрой «Инженерная экология и безопасность труда» КГЭУ, доктор технических наук, профессор **Николаева Л.А.**

Заведующий кафедрой «Химия и инженерная экология в строительстве» КГАСУ, доктор технических наук, доцент **Аюпов Д.А.**

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции на тему экологического воспитания студентов, его месте в системе высшего образования, а также результаты научно-исследовательских работ студентов и магистрантов в области рационального природопользования, разработки экологически безопасных материалов и охраны окружающей среды.

УДК 378; 504.06

ББК 20.1

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2025

© Коллектив авторов, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение. Приветственное слово генерального директора Неправительственного экологического фонда имени В.И. Вернадского Пляминой О.В.....	7
---	---

Раздел 1. ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В.И. ВЕРНАДСКОГО ОБ ЭВОЛЮЦИИ МИРА, МЕТОДИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ВОПЛОЩЕНИЕ ЕГО ИДЕЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСВЕЩЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ

Мазуров Ю.Л. Наследие В.И. Вернадского и его современная востребованность.....	10
Шарафутдинова А.В., Кабирова А.Р., Шакирзянов И.Ф. Вклад Вернадского в развитие атомной отрасли России	25
Антонова И.И., Тимербаева Л.И., Вдовина К.Е. Инновационный подход к экологическому воспитанию детей из специализированных детских домов.....	32

Раздел 2. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Осипова В.Ю., Палкина В.Ю., Степанов И.А. Аварийные разливы мазута на юге России, причины и последствия.....	39
Поплавская О.Е., Шагидуллин А.Р. Оценка локального уровня загрязненности приземного слоя атмосферного воздуха в зоне влияния выбросов агропромышленного объекта, осуществляющего услуги по выращиванию, переработке и реализации птицы.....	46
Селедкина В.А., Шагидуллин А.Р. Расчет приземных концентраций компонентов выбросов, поступающих в атмосферный воздух от автозаправочных станций.....	55
Сагадиева А.Р., Шагидуллин А.Р. Расчет приземных концентраций компонентов выбросов, поступающих в атмосферный воздух от промышленного объекта, специализирующегося на производстве оптических приборов и комплексов.....	65
Акимов А.А. Актуальные проблемы и перспективы развития безопасной эксплуатации объектов культурного наследия промышленного назначения.....	74
Сорокина Е.А., Алексеева А.А., Степанова С.В. Роль цифровых двойников в оптимизации ресурсов и снижении экологической нагрузки...	83

Драбкова Т.В., Турабджанов С.М., Абдутаипова Н.М. Разработка методики выделения тетрацена из «TAR-PRODUCT» для синтеза амфотерных ионитов.....	89
Мухаметшина Р.М., Каминский Э.В. Радиоактивное загрязнение окружающей среды.....	95
Шарафутдинова А.В., Нигматуллин Р.И., Сулайманов К.А. Проблема состояния реки Кама и меры по улучшению качества её водных ресурсов..	101

Раздел 3. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И «ЗЕЛЕНАЯ» АРХИТЕКТУРА ЖИЛОЙ ЗОНЫ

Курицин И.Н. Мероприятия по восстановлению нефтезагрязненных территорий.....	107
Полякова А.А., Петрова Е.Н. Экологическое регулирование основных этапов инвестиционного процесса.....	114
Орлова В.А., Петрова Е.Н. Экологические аспекты государственного регулирования обращения с отходами строительной деятельности.....	119
Котова Л.С. Применение зеленых стандартов в строительной отрасли России.....	123

Раздел 4. ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Селедкина В.А., Габдрахманова Г.Н. Оценка загрязненности реки Казанка с использованием удельного комбинированного индекса	129
Самодолов А.П., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М. К вопросу применения катионоиммобилизирующего сорбционного биопрепарата в очистке сточных вод.....	135
Самодолова О.А., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М. Использование растительных организмов для фитодеструкции сточных вод.....	139
Шагиахметова А.Р., Клинцова А.К., Гумеров Т.Ю. О качестве и безопасности дождевой воды.....	146
Гущина Ю.А., Ульрих Д.В. Вермифтехнологии в очистке сточных вод, переработке и утилизации их осадков на предприятиях агропромышленного сектора.....	154
Клинцова А.К., Шагиахметова А.Р., Гумеров Т.Ю. Биоиндикаторы для оценки воздействия загрязнителей воздуха.....	159
Казаков Т.П., Липантьев Р.Е. Оптимизация технологий термообработки железобетона для уменьшения углеродного следа.....	167

Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шром И.А. Оценка накопления металлов в организме жителей промышленно развитых территорий.....	175
Гайдук Т.Д., Антонова И.И., Вдовина К.Е. Инновационные технологии очистки водоемов от нефтепродуктов с использованием ферромагнитных веществ.....	180
Аветисян А.С. Двухнаправленная зарядка электромобилей как инструмент стабилизации энергосистемы России.....	187
Грабовская Н.И., Монтай А.С., Кусаинова Д.Ж. Анализ индивидуального экологического следа с целью разумного потребления как фктор устойчивого развития.....	202
Грабовская Н.И., Бенеvская К.В., Ринатова К.Р. Экологический и углеродный след: взаимосвязь и пути снижения негативного воздействия на биосферу.....	209
Шарафутдинова А.В., Хамидуллина З.Н. Проблема потребления как избыточное потребление влияет на экологию.....	216
Кузнецова О.Г. Изучение физико-химического состава и содержания тяжелых металлов в почвах заповедника «Присурский».....	221
Антонова И.И., Садыкова Э.А., Вдовина К.Е. Системная модель снижения экологических рисков случайных событий.....	234

Раздел 5. ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Толстова В.В. Оценка видового разнообразия высшей водной растительности гидроэкосистем национального парка «Валдайский».....	244
Каурова З.Г., Баталина С.М. Исследование снежного покрова города Санкт-Петербург.....	252
Каурова З.Г., Власов М.С. Влияние антропогенного загрязнения почвы на рост растений.....	260
Князева О.С., Степанова С.В. Определение токсичности речной воды биотестированием.....	266
Языков С.А., Флюрик Е.А. Новый вид гербария.....	271
Котова Л.С., Нестеренко А.В., Чернова А.Г., Патова М.А., Гусейновa С.М. Экогис: платформа для обращений.....	275

*Раздел 6. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ
(ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТИ, ФУНГИЦИДНЫЕ, ЗАЩИТНЫЕ: УФ, ЭМИ,
РАДОНА)*

Хотянович О.Е. Повышение коррозионной устойчивости бетонов, модифицированных пропиточным составом на основе гексафторсиликата цинка.....	280
Бикаева Ю.В. Разработка композиционного магниального вяжущего из доломитизированного сырья для производства облицовочных листов.....	285

*Раздел 7. УТИЛИЗАЦИЯ И ПЕРЕРАБОТКА БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ
ОТХОДОВ*

Строганов В.Ф., Массарова Г.И. Рециклинг поврежденных газобетонных изделий при производстве автоклавного газобетон.....	294
Осипова В.Ю., Колниболотчук Д.А. Инновационные технологии в переработке пластиковых отходов.....	301
Накып А.М., Накып А.М., Карасева Ю.С., Черезова Е.Н. Карбоксиметилированная лингоцеллюлоза из рисовой соломы в качестве наполнителя для водонабухающих резин.....	307
Сайфутдинова Р.Д., Степанова С.В. Природободобные технологии: получение биогаза из органических отходов сахарной промышленности.....	312
Исхакова Р.Я. Совместная переработка осадков сточных вод и отходов энергетики.....	317
Зайнагутдинова С.В., Гармонов С.Ю. Рекультивация нефтезагрязненных почв: эффективность применения гуминовых препаратов.....	323

Раздел 8. ЭКОЛОГИЯ В ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНОМ КОМПЛЕКСЕ

Мухаметшина Р.М., Тухфатуллина З.И., Ялалава Д.Р. Влияние твердых частиц выхлопных газов на окружающую среду.....	327
--	-----

**Уважаемые организаторы, участники и гости
Международной научно-практической конференции
«Наследие В.И. Вернадского и современные проблемы экологии»!**

Примите наилучшие пожелания от Неправительственного экологического фонда имени В.И. Вернадского!

Коллектив Фонда искренне признателен Казанскому государственному архитектурно-строительному университету и всем организаторам за то, что университет проводит такой значимый и важный научно-исследовательский форум, который демонстрирует прямую связь между научным наследием нашего великого соотечественника академика В.И. Вернадского с современными научными изысканиями, открытиями, основанными на научной мысли, достижениях Вернадского как ученого, организатора науки, педагога.

Фонд им. В.И. Вернадского считает одним из своих главных приоритетов популяризацию научных идей Владимира Ивановича Вернадского, глобального масштаба его личности, его вклада в развитие современной не только отечественной, но и всемирной науки. Недаром про Вернадского говорят, что он – русский гений, принадлежащий всему человечеству. На основе его учения о биосфере и переходе ее в ноосферу, выросла экологическая наука, концепция устойчивого экологически ориентированного развития.

Позвольте кратко рассказать о ключевых направлениях нашей работы и поделиться опытом особенно в сфере экологического просвещения, патриотизма и формирования экологического образа жизни у граждан нашей страны, накопленным Фондом за тридцатилетнюю историю своей деятельности.

С момента своего основания в 1995 году Фонд уделяет самое пристальное внимание работе с подрастающим поколением, разрабатывая и реализуя программы и проекты в сфере экологического просвещения и формирования экологической культуры. А ведь экологическая культура – это часть патриотического воспитания, т.к. формирует любовь к природе своей Родины, и через нее любовь и уважение к своей стране. Патриотизм и

служению Родине могут также воспитываться на жизненных примерах и поступках великих сынов России, к числу которых, без сомнения, относится и В.И. Вернадский.

В своей деятельности Фонд стремимся донести до молодого поколения ту мысль, что вся жизнь Владимира Ивановича Вернадского являла собой высокое служение Родине, её безопасности и международному престижу как передовой научной державы. Достаточно вспомнить его участие в «Атомном проекте», чтобы понять масштаб личности учёного и его вклад в развитие отечественной науки и безопасности нашей страны.

Следуя традиции **наставничества**, Фонд активно поддерживает молодых учёных. Мы помним, какое внимание уделял В.И. Вернадский работе со студентами и молодыми исследователями, как высоко он ценил научное наставничество. В связи с этим Фонд реализует уникальную стипендиальную программу для студентов, аспирантов и докторантов в области естественных наук; администрирует водородную стипендию для молодых учёных, работающих в этом перспективном направлении энергетики. Отрадно отметить, что многие бывшие стипендиаты Фонда сегодня составляют наш экспертный резерв и сами выступают в качестве наставников для следующих поколений.

Особое место занимает взаимодействие Фонда с музеем-усадьбой В.И. Вернадского в Тамбовской области — историческим местом, хранящим живую память о великом ученом. Фонд глубоко признателен сотрудникам музея за их подвижнический труд и намерен далее развивать это стратегическое партнерство, имеющее огромное значение для сохранения национальной памяти и просветительской работы.

Также хочется отметить наше успешное взаимодействие с ведущими отечественными и международными научными, образовательными и исследовательскими учреждениями, среди которых Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН), Библиотека естественных наук РАН, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН), Тамбовский государственный технический университет, Комиссия Российской Федерации по делам ЮНЕСКО, Российский комитет программы ЮНЕСКО

«Человек и биосфера», ряд кафедр ЮНЕСКО в вузах России, различные ООПТ нашей страны, и многие другие.

Уважаемые коллеги! Деятельность Фонда по популяризации научного наследия В.И. Вернадского многогранна и постоянно развивается. Коллектив нашего Фонда стремимся через различные проекты, выставки, образовательные программы и публикации донести до широкой аудитории непреходящую ценность идей великого учёного, их актуальность для решения современных экологических проблем и построения гармоничного будущего, основанного на достижениях научно-технического прогресса.

Позвольте выразить уверенность, что данная конференция внесёт значительный вклад в осмысление научного наследия В.И. Вернадского и поиск решений современных экологических проблем. Особенно ценным представляется междисциплинарный подход, что полностью соответствует комплексному мировоззрению В.И. Вернадского, который никогда не разделял науку на изолированные дисциплины.

Тематика конференции, затрагивающая вопросы техносферной безопасности, энергоэффективности, рационального природопользования, экологически безопасных технологий и материалов, как нельзя лучше отражает стремление к созданию гармоничной среды обитания человека, о которой так много размышлял Вернадский. Особенно хочу отметить направление «Экологические инициативы и просвещение как путь к устойчивому развитию регионов», которое созвучно миссии нашего Фонда.

От имени Фонда им. В.И. Вернадского искренне желаю всем участникам конференции плодотворной работы, интересных дискуссий и новых научных открытий! Мы уверены, что объединение наших усилий будет способствовать формированию экологического мировоззрения и движению к устойчивому развитию России и всего мира.

С уважением, О.В. Плямина, генеральный директор
Неправительственного экологического фонда имени В.И. Вернадского

*Раздел 1. ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В.И. ВЕРНАДСКОГО ОБ ЭВОЛЮЦИИ
МИРА, МЕТОДИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ВОПЛОЩЕНИЕ ЕГО ИДЕЙ В
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСВЕЩЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ*

УДК 37; 502 / 504; 574

**НАСЛЕДИЕ В.И. ВЕРНАДСКОГО
И ЕГО СОВРЕМЕННАЯ ВОСТРЕБОВАННОСТЬ**

*Мазуров Юрий Львович, д-р геогр. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени
М.В. Ломоносова», г. Москва, e-mail: jmazurov@yandex.ru*

***Аннотация.** В статье на конкретных примерах показано, что научное и духовное наследие академика В.И. Вернадского остаётся актуальным не только сегодня, но и сохраняет свою значимость для всего обозримого будущего. Оно по-прежнему обладает значительной воспитательной и вдохновляющей силой, что проявляется в неослабевающем внимании к нему в обществе и использовании его положений в практических проектах, связанных с идеологией устойчивого развития в различных странах и в мире в целом. Именно поэтому важно продолжать популяризировать труды и взгляды Вернадского для создания устойчивого благополучного будущего для нынешнего и новых поколений.*

***Ключевые слова:** научное и духовное наследие, академик Вернадский, национальный проект «экологическое благополучие».*

THE LEGACY OF V. I. VERNADSKY AND ITS MODERN DEMAND
Mazurov Yu.L.

Lomonosov Moscow State University, Moscow

***Annotation.** The article shows, using specific examples, that the scientific and spiritual heritage of Academician V.I. Vernadsky remains relevant not only*

today, but also retains its significance for the foreseeable future. It still has significant educational and inspiring power, which is manifested in the unflagging attention to it in society and the use of its provisions in practical projects related to the ideology of sustainable development in various countries and in the world as a whole. This is why it is important to continue to popularize the works and views of Vernadsky to create a sustainable prosperous future for the current and new generations.

Keywords: *Scientific and spiritual heritage, academician Vernadsky, national project "ecological well-being".*

Введение

По сложившейся традиции каждый год 12-го марта Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского вместе с партнёрами отмечает день рождения академика Владимира Ивановича Вернадского. Эта памятная дата уже много лет объединяет тех, для кого личность и гений Вернадского являются воплощением лучших черт ученого, просветителя, мыслителя и патриота своей Родины. Так было и в нынешнем 2025-м году, когда у захоронения великого ученого на Новодевичьем кладбище Москвы собрались почитатели его таланта, продолжатели его дела в сфере науки и образования, хранители его научного и духовного наследия.

«Перед возложением цветов к памятнику на могиле ученого к собравшимся обратилась генеральный директор Фонда имени В.И. Вернадского О.В. Плямина «Для нашего Фонда нести имя Вернадского», – сказала она, – это не только высокая честь, но и большая ответственность. Меня искренне радует, что даже в неюбилейный год все вы нашли время и посчитали важным прийти сюда. Убеждена, что чем чаще мы обращаемся к наследию Владимира Ивановича, тем больше новых идей к нам приходит. Его концепция ноосферы и междисциплинарный подход к науке сегодня актуальны как никогда» (Рис. 1).



Рис. 1. Выступление О.В. Пляминой у могилы академика В.И. Вернадского

Фото А.А. Чешева

Известный биограф В.И. Вернадского Геннадий Аксенов [1] в своём выступлении подчеркнул государственное значение фигуры учёного: «Владимир Иванович Вернадский – поистине великая личность и выдающийся государственный деятель. Его роль в развитии нашей страны гораздо шире, чем принято считать. Мало кто знает, что Вернадский стоял у истоков конституционного движения в России и был автором программных документов, где уже тогда отстаивал принципы равенства граждан – те самые основы, на которых строится современное конституционное право», – заключил Геннадий Петрович (Рис. 2).



Рис. 2. Выступление Г.П. Аксенова на Новодевичьем кладбище. *Фото автора*

На состоявшемся митинге памяти выступили также представители Института геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН (ГЕОХИ), МГУ имени М.В. Ломоносова и ряда других научных и образовательных учреждений Москвы, так или иначе связанных с нашим великим ученым и гражданином. В ярких, искренних выступлениях вновь проявлялось признание неувядаемой значимости научного наследия и немеркнувшего с годами исторического величия его личности. При этом практически все выступающие отмечали удивительную востребованность наследия Вернадского, интерес к которому с годами только возрастает. Это обстоятельство дает ещё больше оснований для его трактовки как феномена, многогранность и значение которого еще не до конца осмыслены в социуме и, следовательно, нуждающегося в дальнейшем изучении и популяризации.

Удивительный феномен наследия Вернадского

Ранее нам уже приходилось писать о некоторых аспектах феномена наследия В.И. Вернадского, делая акцент на его многогранности, включающем такие его категории как научное, духовное и педагогическое [4, 5, и др.]. Сейчас же, в год 80-летия со дня кончины Владимира Ивановича, представляется актуальным остановиться на качественных особенностях его наследия. Важнейшей из которых, по-видимому, является его широкое признание как выдающегося ученого в России и во всем мире.

Заслуги Вернадского как ученого были высоко оценены как в дореволюционный период его деятельности (три ордена: Святого Станислава II степени, 1901 г., Святой Анны III степени, 1904 г. и Святой Анны II степени, 1907 г.), так и в советский период. Особенно следует отметить награды, полученные им в период Великой Отечественной войны: Орден Трудового Красного Знамени (20 марта 1943 г.) – за выдающиеся заслуги в развитии геохимии и генетической минералогии, в связи с 80-летием со дня рождения и Сталинская премия I степени (22 марта 1943 г.) – за многолетние выдающиеся работы в области науки и техники.

Память В.И. Вернадского увековечена во многих формах, включая памятники и мемориальные доски в России и в зарубежье, что отражает высокую оценку созданного им наследия, характеризует масштаб его личности как ученого и общественного деятеля. Несомненно, что достижения того или иного ученого не всегда соответствуют уровню его признания в обществе. Но к Вернадскому это не относится. Свидетельством этого является его представление в галерее из 30 самых известных русских и советских ученых одного из парадных фойе актового зала МГУ на Ленинских горах (Рис. 3).

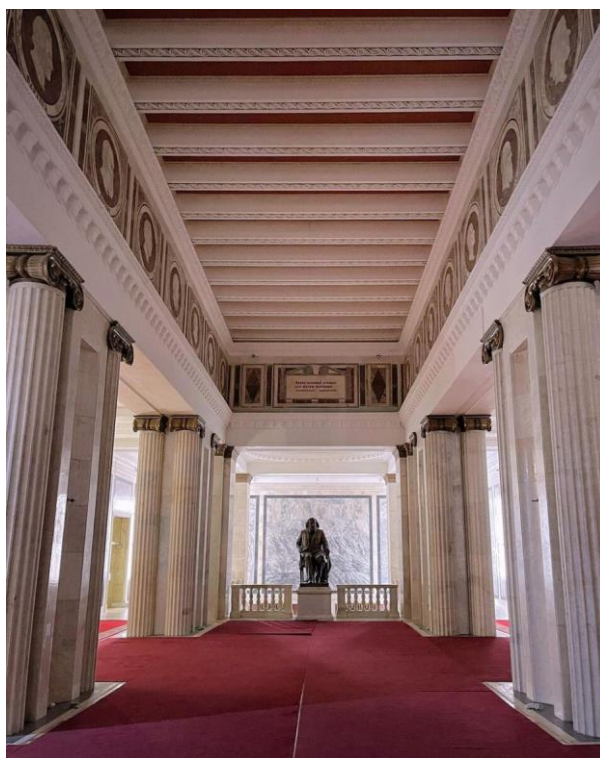


Рис. 3. Фойе актового зала Главного здания МГУ, где по периметру потолка расположены портреты русских и советских ученых в технике флорентийской мозаики
<https://dzen.ru/a/YtSIDg1wLC3YCjBM?ysclid=mc6f3xmzpr688305264>

Создание своего рода «иконостаса» в главном храме науки и образования страны, открытом в 1953 году, было поручено выдающемуся советскому художнику А.А. Дейнеке. Вот что он пишет об этом в своих воспоминаниях: «Руднев, главный архитектор университета в Москве на Ленинских горах, предложил мне одну из труднейших и интереснейших

работ – украсить два парадных фойе университета портретами великих ученых мира. Портреты выполнялись способом флорентийской мозаики, которая отличается от обычной римской мозаики тем, что набирается не из мелких, обычно прямоугольных камешков мрамора или смальты, а из пиленой мраморной фанеры, как инкрустации, из различной формы кусков мрамора по форме изображения» [3, с. 60].

Ровно 60 портретов великих ученых мира (30 российских и столько же зарубежных) выполнены были в 1951 году, а уже через два года они были представлены для обозрения студентам, сотрудникам и многочисленным гостям МГУ. И один из них – это портрет Вернадского (Рис. 4). Отметим, что к моменту завершения работы над той галереей портретов прошло не более шести лет с момента его кончины. Это означает, что у тех, кто принимал решение о списке представляемых в галерее портретов, не было сомнений об интеллектуальной равнозначности вклада российского академика Вернадского в сокровищницу человеческой цивилизации вкладу других знаковых фигур мировой науки.



Рис. 4. А. Дейнека. Портрет Вернадского в фойе актового зала Главного здания МГУ
<https://msu-gold.ru/catalog/exhibit/920/>

Портрет В.И. Вернадского в названной галерее – это явное признание его творческого наследия во всех его формах. Можно только поражаться прозорливости тех, кто принял это объективное и справедливое во всех отношениях решение. Ведь тогда ещё не были в полной мере осмыслены многие идеи учёного. В их числе важнейшие постулаты биогеохимии, принципиальные основы современной экологии, учения о живом веществе, биосфере и ноосфере. Не были ещё изданы в то время многие его труды, не началось и подлинно научное изучение наследия великого ученого. Не осмыслено в полной мере духовное наследие этого настоящего русского патриота и государственника. Не нашла ещё адекватной оценки значимость его педагогического наследия.

Впрочем, и сейчас, спустя многие десятилетия было бы неправильно думать, что наследие Вернадского в достаточной мере изучено, осмыслено и освоено современниками. Но теперь уже – не из-за недостатка усилий в названных направлениях, а из-за многогранности и сложности восприятия этого наследия. Известно же, что идеи Вернадского во многом опережали время, в котором он жил и творил. Однако имеются и позитивные изменения в рассматриваемой сфере, что стало следствием многих факторов, среди которых немалую роль играет развитие научных школ геохимии и биогеохимии, а также изучение наследия ученого в академических рамках.

Вернадоведение стало признанной научной дисциплиной, растет интерес к его достижениям в обществе, активно работают академические центры вернадоведения, растет число его профессиональных представителей и т.д. В связи с этим следует привести следующий показательный пример: в названной научной области активно и плодотворно работает сотрудник ГЕОХИ РАН, канд. геол.-мин. наук Е.П. Янин, руководитель группы «Научное наследие В.И. Вернадского и его школы». К настоящему времени только по публикациям его вклад в вернадоведение составляет более ста позиций. Вот часть его книжных публикаций за последнее десятилетие:

- Очерки жизни и творчества академика В.И. Вернадского. – М.: ГЕОХИ РАН, 2018. – 179 с.
- Геохимия речной эпифитовзвеси в зоне влияния промышленного города. – М.: НП «АРСО», 2020. – 139 с.
- Из архивного наследия академика В.И. Вернадского. История геологических наук и научного знания. – М.: НП «АРСО», 2021. – 380 с.
- Платиновые металлы в окружающей среде (эколого-геохимические аспекты). – М.: НП «АРСО», 2021. – 232 с.
- Из архивного наследия академика В.И. Вернадского. Об ученых и их деятельности. – М.: НП «АРСО», 2022. – 319 с.
- Из архивного наследия академика В.И. Вернадского. История и судьба сборника «Живое вещество». – М.: НП «АРСО», 2022. – 372 с.
- Из архивного наследия академика В.И. Вернадского. Переписка с А.И. Яковлевым. – М.: НП «АРСО», 2023. – 412 с.
- Академик В.И. Вернадский в 1917 году. – М.: НП «АРСО», 2023. – 264 с.
- Из истории развития эколого-геохимических исследований в СССР. – М.: НП «АРСО», 2024. – 136 с.
- Из архивного наследия академика В.И. Вернадского. Начало творческого пути, 1885–1888 гг. – М.: НП «АРСО», 2024. – 464 с.

Книги Е.П. Янина привлекают внимание своей неожиданной оригинальностью, глубокой содержательностью и литературной увлекательностью. Для многих они могут стать источником научного вдохновения, что, впрочем, неудивительно, поскольку они передают присущую работам самого Вернадского вдохновенность характерного для него процесса научного поиска. Книги и другие публикации Янина по вернадоведению не только обогащают читателя бесценным знанием о научной и общественной жизни Вернадского, но и убеждают в том, что

плоды его творчества являются подлинным наследием национальной, а во многих случаях и глобальной значимости.

Категорический императив Вернадского и его новейшие проявления

Как мы уже отмечали ранее [5], среди знакомых с творчеством Вернадского, имеются и те, кто считает ноосферу Вернадского еще одной утопией – в дополнение к предложенной ранее Т. Мором. Но, если Мор не исключал других парадигм развития, помимо им предложенной, то Вернадский, похоже не видел альтернативы ноосфере. В своей самой знаменитой публикации он провозглашает: «Мы входим в ноосферу. Мы вступаем в нее – в новый стихийный геологический процесс – в грозное время, в эпоху разрушительной мировой войны» [2, с. 118].

Да, мы входим в ноосферу. И это точно не событие в истории, а процесс, надо полагать достаточно длительный. Но другого пути у человечества нет и для этого он видит убедительное основание: наш путь, наше движение идет «в унисон со стихийным геологическим процессом, с законами природы». И это слова человека, который в тот момент, скорей всего, лучше, чем кто-либо в мире знал и понимал законы природы. И поэтому столь значимы заключительные слова той статьи её автора: «Можно смотреть поэтому на наше будущее уверенно. Оно в наших руках. Мы его не выпустим» [2, с. 119].

Здесь великий ученый и гражданин говорит от имени народа, в том числе будущего народа. И он, именно он, имел на это моральное право, в этом его миссия. А мы, современные люди, читающие эти строки о будущем через 80 с лишним лет после их опубликования, воспринимаем их, должны воспринимать как своего рода категорический императив новейшего времени, категорический императив Вернадского – как наше бесценное наследие, вокруг которого и должна выстраиваться идеология развития, базирующаяся на идеях образования и воспитания.

Ноосфера, по Вернадскому, есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются все более и более широкие творческие возможности. И люди реализуют эти возможности в разных странах мира: «Дельта-план» в Нидерландах, «Великая зелёная стена» в КНР, город Аркадаг в Кара-Кумах Туркмении, «Сталинский план преобразования природы» в СССР и другие проекты. Зримые черты ноосферы нетрудно увидеть в концепции устойчивого развития, в Целях устойчивого развития ООН, в национальных моделях устойчивого развития ряда стран мира.

Контурные концепции ноосферы просматриваются и в Указе Президента России В.В. Путина № 309 “О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года” [8], в котором глава государства фактически обозначил контуры формирования будущего нашей страны на предстоящие 12 лет, вызвавшие самую широкую поддержку в российском обществе.

Большинство из семи сформулированных в указе целей преемственны по своей сути целям предшествующих аналогичных указов президента страны. Наряду с этим, в указе № 309 присутствует новая цель, обозначенная как «экологическое благополучие», поднимающая на новый, существенно более высокий уровень статус экологической политики страны, что со всей очевидностью потребует от государства, бизнеса и общественности, т.е. от общества в целом существенной трансформации в отношениях с окружающей природной средой.

Сказанное выше в полной мере относится и к сфере образования, поскольку принимаемый новый формат отношений общества с природой потребует новых знаний, навыков и компетенций у всех тех, кто так или иначе связан с экологической политикой на всех её территориальных

уровнях - от общенационального до муниципального. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования феномена образования как фактора экологического благополучия.

Аргументов в пользу приведённого утверждения много, но главный из них и понятный практически всем может быть сформулирован так: не может быть обеспечено экологическое благополучие в стране, где уровень профессиональной и общей экологической культуры её населения явно не соответствует вызовам времени. Банально, но факт: миллиардные затраты, современные технологии, участие бизнеса и государственная поддержка в сфере экологической политики только тогда эффективны, когда эту политику поддерживает если не всё, то большинство населения страны. А такая поддержка возможна в современных условиях только на основе экологического обучения (просвещения) и экологического воспитания населения как важнейших факторов перемен к лучшему, что убедительно продемонстрировано, в частности, в идеологии образования для устойчивого развития.

К настоящему времени сложилась впечатляющая инфраструктура национальной цели «экологическое благополучие», включающая в себя целый ряд компонентов и, прежде всего, институциональные элементы [6]. Установлено, что в новом нацпроекте будет шесть федеральных проектов (ФП): «Генеральная уборка», «Экономика замкнутого цикла», «Чистый воздух», «Вода России», «Сохранение лесов» и «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма». Несомненно, что все названные ФП важны для обеспечения экологического благополучия. Однако для нас очевидно, что искомого благополучия невозможно будет достичь, без образовательной составляющей в каждом из ФП или без отдельного ФП под названием, скажем, «Формирование современной экологической культуры» или «Развитие экологического образования в интересах устойчивого развития».

Сформулирована цель нацпроекта: «Сохранение и восстановление окружающей среды в целях улучшения экологического благополучия, в том числе в рамках мероприятий по: ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде, применению вторичных ресурсов, вторичного сырья из отходов в отраслях экономики, совершенствованию системы обращения с твёрдыми коммунальными отходами, снижению выбросов опасных загрязняющих веществ в атмосферный воздух, оздоровлению водных объектов, снижению объёма неочищенных сточных вод, сохранению лесов, сохранению и восстановлению редких видов животных, развитию системы особо охраняемых природных территорий и экологическому просвещению».

Не вдаваясь в рассмотрение формулировки цели проекта, отметим как положительный факт упоминание в ней экологического просвещения. Однако оценим этот факт, как необходимое, но не достаточное условие для успеха всего проекта. Без экологического обучения и воспитания, т.е. без полноценной системы экологического образования обойтись в этой работе даже теоретически невозможно.

Текст рассматриваемого Указа Президента страны начинается со слов: «В целях обеспечения устойчивого экономического и социального развития Российской Федерации...» [8]. Таким образом, несомненно, что сам указ разработан в идеологии устойчивого развития, как известно, напрямую связанной с научным наследием России (работы академика В.И. Вернадского и др.), а национальные цели развития нашей страны, изложенные в российской интерпретации, по своей сути близки Целям устойчивого развития ООН. Обе названные группы целей объединяет одно непреложное обстоятельство: понимание того, что их достижение, как и вообще переход к модели устойчивого развития невозможен вне системы образования.

В России важность образования в интересах устойчивого развития не отрицается. Государство поддерживает различные акции в этой сфере: конференции, публикации, конкурсы, образовательные акции,

просветительские мероприятия и т.п. В стране всё более востребованы специалисты со знаниями в области идеологии и практики устойчивого развития. При этом профильные вакансии заполнялись и заполняются преимущественно российскими выпускниками зарубежных университетов. Такое положение дел явно вступало в противоречие с положениями Указа Президента России №309, нацеленного на реализацию национальных целей развития, соответствующих идеологии устойчивого развития, включая его экологические основы.

Можно предположить, что осознание этого противоречия, вкупе с многочисленными рекомендациями со стороны образовательного сообщества, привело практически сразу после обнародования названного выше указа к принятию радикального решения в сфере образования на правительственном уровне – разработке и принятию первого в своём роде профессионального стандарта в высшем образовании Российской Федерации "Специалист в сфере устойчивого развития" [8].

В новом профессиональном стандарте определены ключевые компетенции, уровень квалификации и возможные должности специалистов в сфере устойчивого развития. Эксперты прогнозируют, что благодаря нововведению вузы скоро начнут внедрять соответствующие полноценные образовательные программы в рамках бакалавриата и магистратуры или специалитета.

В основу стандарта вошли, в частности, такие требования, как контроль за соблюдением основных принципов устойчивого развития и социальной ответственности в организации, на производстве и на территории, оценка проектов устойчивого инвестирования и применение методов и инструментов, направленных на сокращение использования жизненно важных или ограниченных ресурсов. Эти и некоторые другие особенности рассматриваемого стандарта заслуживают несомненной поддержки. Однако в нем присутствует настораживающая деталь: в числе необходимых знаний,

формируемых в соответствии со стандартом «Специалист в сфере устойчивого развития» (Часть III. Характеристика обобщённых трудовых функций), отсутствуют собственно экологические знания, даже в самом базовом их варианте. Очевидно, что это неприемлемо: специалист в сфере устойчивого развития не может быть дилетантом в вопросах собственно экологии.

Названный стандарт вступил в силу с 1 сентября 2024 года и может стать важным инструментом в механизме реализации Нацпроекта «Экологическое благополучие» и всего указа № 309, но, по нашему твёрдому убеждению, только при внесении в него соответствующих поправок, обеспечивающих его экологизацию.

Выводы

Научное и духовное наследие академика В.И. Вернадского остаётся актуальным не только сегодня, но и сохраняет свою значимость для всего обозримого будущего. Оно по-прежнему обладает значительной воспитательной и вдохновляющей силой, что проявляется в неослабевающем внимании к нему в обществе и использовании его положений в практических проектах, связанных с идеологией устойчивого развития в различных странах и в мире в целом. Именно поэтому важно продолжать популяризировать труды и взгляды Вернадского для создания устойчивого благополучного будущего для нынешнего и новых поколений.

Востребованность наследия В.И. Вернадского проявляется в деятельности по экологическому регулированию на различных уровнях. Так, включение новой для сферы управления категории «экологического благополучия» в число национальных целей развития Российской Федерации в соответствии с Указом Президента России от 7 мая 2024 г. № 309 отражает объективный тренд на экологизацию сферы производства и образа жизни населения страны. Для достижения названной амбициозной цели российское государство выделяет значительные материальные средства, создана

инфраструктура управления соответствующим национальным проектом, определены приоритеты в его рамках, решаются вопросы подключения к нему академической и отраслевой науки.

Однако, в современной интерпретации Национального проекта «Экологического благополучия» просматриваются и некоторые узкие места, требующие своевременного реагирования. Одним из них является вопрос об обеспечении роста профессиональной и общей экологической культуры в стране соответственно стратегическому замыслу Указа Президента России от 7 мая 2024 года. Представляется несомненным, что предусматриваемые в Национальном проекте «Экологическое благополучие» мероприятия по экологическому просвещению необходимы, но не достаточны для формирования современной экологической культуры населения страны, адекватной установленной цели национального проекта. Образование - решающий фактор перемен к лучшему и условие обеспечения экологического благополучия.

Мы полагаем, что для решения этой важнейшей цивилизационной задачи необходимо широкое развёртывание деятельности по экологическому образованию, включающему в себя обучение и воспитание. В этом и состоит остро актуальная миссия образования в современном российском обществе. Следует отметить, что предлагаемое решение будет также содействовать успешной реализации и шести других национальных целей развития, предусмотренных Указом Президента России, что по сути своей созвучно идеям концепции ноосферы академика Вернадского.

Список использованной литературы

1. Аксенов Г.П. Вернадский. ЖЗЛ. – М.: Молодая гвардия, 2001.
2. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии. 1944, № 18, вып. 2. – С. 113-120.
3. Дейнека А. Из моей рабочей практики // Жизнь, искусство, время. Литературно-художественное наследие. Т. 2. - М., 1989.

4. Мазуров Ю.Л. Проблематика экологической культуры в контексте творческого наследия В.И. Вернадского. В кн.: Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции «Наследие В.И. Вернадского и современные проблемы экологии» (г. Казань, 21–22 апреля 2023 г.). – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 6-18.

5. Мазуров Ю.Л. Владимир Иванович Вернадский и его педагогическое наследие. В кн.: Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Наследие В.И. Вернадского и современные проблемы экологии» (г. Казань, 22 апреля 2024 г.). – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. - С. 8-21.

6. Мазуров Ю.Л. Национальная цель «Экологическое благополучие» и миссия образования. В кн.: Экология. XVI международный форум. Сборник докладов. - М., 2025. - С. 69 - 75.

7. Профессиональный стандарт "Специалист в сфере устойчивого развития". Принят 20 мая 2024 года. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56890750/?ysclid=m8o6u1ah98507782809> (20.05.2025).

8. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 “О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года”. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542> (20.05.2025).

УДК 37; 502 / 504; 574

ВКЛАД ВЕРНАДСКОГО В РАЗВИТИЕ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ В РОССИИ

Шарафутдинова Анастасия Валерьевна, канд. техн. наук, доцент,

Кабирова Алина Рамилевна, студент,

Шакирзянов Ильмир Фаязович, студент

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный
университет», г. Казань, e-mail: shar.fik@yandex.ru*

Аннотация. Вернадский один из первых оценил силу, скрытую в атомном ядре, организовал первую радиевую экспедицию в Фергану,

проанализировал месторождения радиоактивных минералов и предвидел проблемы, связанные с добычей и эксплуатацией урана. Научные исследования и публикации ученого по изучению радиоактивности связаны с глобальными принципами устойчивого развития человечества.

Ключевые слова: *радиоактивность, история науки, устойчивое развитие.*

ENVIRONMENTAL IMPACT OF ADHESIVES DURING THEIR PRODUCTION AND APPLICATION

Sharafutdinova A.V., Kabirova A.R., Shakirzyanov I.F.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Annotation. *Vernadsky was one of the first to evaluate the power hidden in the atomic nucleus, organized the first radium expedition to Ferghana, analyzed the deposits of radioactive minerals and foresaw the problems associated with the extraction and exploitation of uranium. The scientist's scientific research and publications on the study of radioactivity are related to the global principles of sustainable human development.*

Keywords: *radioactivity, history of science, sustainable development.*

Введение

Проникнуть вглубь атома и приоткрыть окно в мир ядерной физики стало возможным после открытия явления радиоактивности А. Беккерелем в 1896 г., за которым последовала лавина экспериментальных открытий и развернувшаяся научная революция.

Одним из первых, кто по достоинству оценил новое открытие, кто в полной мере осознал силу, скрытую в атомном ядре, был академик Владимир Иванович Вернадский. Ознакомившись с работами Беккереля, Рентгена, Склодовской-Кюри, В.И. Вернадский пришел к выводу о том, что исследование радиоактивности и «урановой проблематики» сможет открыть новые горизонты для человечества. В 1909 году он организовал радиевую

экспедицию в Фергану, а затем составил обзор месторождений радиоактивных минералов.

На публичном заседании Общего собрания Академии наук 29 декабря 1910 г. В.И. Вернадский пророчески заявил, что это открытие произвело огромный переворот в научном мировоззрении, вызвало создание новой науки, отличной от физики и химии, учения о радиоактивности. Благодаря открытию явлений радиоактивности общество узнало новый негаданный источник энергии. Этим источником явились химические элементы, которые, сами по себе, постоянно выделяют энергию – лучи разного рода и разных свойств... которые способны производить работу, несут электричество разного знака, производят самые разнообразные изменения в окружающей среде [1].

Вернадский был уверен, что необходимо срочно заняться изучением урановых месторождений в России и выявить имеющиеся на территории Российской империи запасы радиоактивных веществ [2]. Владимир Иванович уже тогда предвидел борьбу за источники урана, он обращал внимание на то, что борьба за контроль над месторождениями урана приобретет всемирные масштабы, и в нее втянутся основные международные экономические бизнес организации [3].

Владимир Иванович был уверен, что научная значимость явления радиоактивности может быть использована для определения возраста земной коры, различных биосферных и антропогенных объектов. Он озвучил большое число вопросов, на которые коренным образом повлияло или должно было повлиять учение о радиоактивности, а именно: проблемы геохронологии, теплового баланса Земли, состояние рассеяния химических элементов и связанные с ним особенности их миграции и концентрирования в земной коре, новые радиоактивные элементы, используемые для понимания прошлого Земли и истории ее развития, радиогеохимическая

карта континентов и радиогеохимия океана, радиогеохимия биосферы и ее изменение, связанное с развитием цивилизации.

К середине 30-х годов XX века именно изучение геохронологии и теплового баланса Земли существенным образом повлияли на методологию геологического мышления. В геохронологии появились первые числовые характеристики длительности геологических явлений, а открытие радиогенных источников тепла подготовило почву для новых представлений о холодной агломерации Земли.

Вернадский понимал, что необходимо срочно выяснить, какие радиоактивные минералы хранят в себе недра нашей родной страны, для чего в 1913 году была создана официальная Радиевая экспедиция Академии наук [4].

В 1911 году В.И. Вернадский организовал Минералогическую лабораторию, в которой в 1914 г. было создано отделение радиологических исследований. На основе этого отделения была образована Радиологическая лаборатория, которая впоследствии стала мощным центром науки. Через 9 лет после организации первой радиевой экспедиции академии наук, Радиологическая лаборатория Вернадского трансформировалась в Государственный радиевый институт (ГРИ) академии наук в Петрограде, который стал единственной организацией в СССР по изучению природной радиоактивности, где существовало радиогеологическое отделение [5].

Важнейшие результаты деятельности ГРИ: организация отечественной радиевой промышленности; создание государственного фонда радия (середина 1920-х гг.); пуск первого в Европе циклотрона (1937). На нем работал И.В. Курчатов; возникновение отечественной радиохимии, новых направлений в ядерной физике и геохимии; реализация советского атомного проекта; разработка первой отечественной технологии выделения плутония (1946 – 1948) и др.

В декабре 1921 года профессор П. Аппель пригласил В.И. Вернадского прочитать курс лекций по геохимии для студентов Сорбонны в Париже. Владимир Иванович дал согласие и после долгой волокиты с оформлением документов в 1922 г. он прибыл в Париж.

В письме к А. Е. Ферсману от 27 ноября Вернадский писал: «С конца ноября начну лекции, первые, должно быть, о радиоактивных элементах или о силиции и силикатах» [6].

Одновременно с чтением лекций он писал книгу «Очерки геохимии», в которой, по его словам, хотел дать синтез работы всей своей жизни - научной работы над живым веществом биосферы. Книга под названием «Геохимия» была опубликована на французском языке в Париже в начале 1924 г. В ней ученый впервые ввел, в частности, понятие о живом веществе как о совокупности организмов в их геохимическом значении [7].

В Париже Вернадский реализовал свою давнишнюю мечту – поработать в лаборатории Марии Кюри над решением «урановой проблемы». У него появилась возможность исследовать состав нового радиоактивного минерала кюрита из рудника в Бельгийском Конго. Исследуя образцы кюрита, Вернадский мечтал открыть новые, еще не известные человечеству, радиоактивные элементы нового радиоактивного ряда.

Мечтая об открытии нового элемента, Вернадский даже придумал для него название – «паризий», о чем свидетельствует статья: «Мы продолжаем наши исследования для выяснения вопроса, предполагая, что мы имеем дело с новым элементом, относящимся к VII столбцу периодической системы, гомологу марганца, и мы предлагаем назвать его parisium – Pm. Спектроскопические исследования не закончены, и новые полосы, появления которых мы ожидаем, еще не ясны» [8]. Статью с результатами своих исследований он помещает в запечатанный конверт и сдает на хранение в Парижскую академию наук. В ноябре 1925 года он возвращается в Россию.

Зная об открытии эффективной цепной ядерной реакции при взаимодействии изотопа урана-235 с нейтронами, В. И. Вернадский проявляет активное участие в привлечении внимания к этой проблеме Президиума АН СССР. В июне 1940 г. академики В. И. Вернадский и В. Г. Хлопин направляют в президиум АН СССР «Записку об организации работ по получению урана», в которой говорится о важном общенаучном и прикладном значении работ по ядерным реакциям с выделением энергии и о необходимости срочных мер к формированию работ по разведке и добыче урановых руд и получению из них урана. «Это необходимо для того, чтобы к моменту, когда вопрос о техническом использовании внутриатомной энергии будет решен, мы располагали необходимыми запасами этого драгоценного источника энергии...» [9].

Результатом этой работы является создание «Комиссии по проблеме урана», повышение внимания к ядерной проблеме, что стало началом «Атомного проекта СССР».

Благодаря исследованиям В. И. Вернадского и интенсивной работе всех геологических и горнорудных предприятий, научных организаций наша страна обеспечила решение сырьевой проблемы по урану. Был открыт ряд крупных месторождений радиоактивных руд, и работы по созданию надежного ядерного щита увенчались успехом. СССР был обеспечен необходимым количеством урана, из которого извлекался изотоп U^{235} – основной компонент как ядерного оружия, так и тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) для созданных впервые в мире в Советском Союзе атомных электростанций.

Выводы

Владимир Иванович Вернадский сыграл ключевую роль в развитии атомной отрасли России, заложив научные и организационные основы для будущих достижений в этой сфере. Он понимал все «+» и «-» использования атомной энергии, возможности применения «лучистой» энергии во благо

человечеству. Его работы по изучению радиоактивных элементов, концепция ноосферы и активная деятельность по созданию Радиевого института стали фундаментом для последующих ядерных исследований.

Благодаря дальновидности Вернадского, СССР смог занять лидирующие позиции в атомной науке, что в дальнейшем привело к развитию атомной энергетики и применению радиоизотопов в медицине и промышленности. Наследие Вернадского продолжает влиять на современные научные и технологические разработки, подчёркивая важность фундаментальных исследований для прогресса в высокотехнологичных отраслях.

Таким образом, вклад Вернадского в атомную отрасль невозможно переоценить – его идеи не только определили мирное направление развития атомной отрасли в России, но и остаются актуальными в контексте современных вызовов, связанных с использованием атомной энергии.

Список использованной литературы

1. Баранов С.В. ФГУП «ПО «Маяк» – 65 лет на боевом посту и во благо гражданскому обществу России // *Вопр. радиационной безопасности*. 2013. № 2. С. 3–9.
2. Вернадский, В. И. О необходимости исследования радиоактивных минералов Российской империи / В. И. Вернадский. – СПб.: Изд-во АН, 1911. – 58 с.
3. Зильберман Б.Я. Вклад Радиевого института в атомный проект СССР. Разработка и внедрение экстракционно-сорбционной технологии облученных стандартных урановых блоков на радиохимических заводах // *История науки и техники*. 2012. № 2. С. 34–46.
4. Беседа с академиком Вернадским // *Вечернее время*. – 1913. – 19 окт. (№ 589). – С. 3.
5. Архив Радиевого института. 1922 год. – Фонд 315. – Опись 1. – Дело 5. – Лист 19–22.
6. Шаховская, А. Д. Хроника большой жизни / А. Д. Шаховская // *Прометей*. – М., 1988. – С. 69–70.
7. Письма В. И. Вернадского к А. Е. Ферсману / АН СССР. Архив; сост. Н. В. Филиппова. – М.: Наука, 1985. – 272 с.

8. Трифонов, Д. Н. «Паризий» и «азий» Владимира Вернадского / Д. Н. Трифонов, А. Н. Харитонов, И. Н. Ивановская // Вопр. истории естествознания и техники. – 1995. – № 1. – С. 146–151.

9. Тарасва Н.П., Мустафин Д.И. В.И. Вернадский и проблемы радиоактивности/ Н.П. Тарасова, Д.И. Мустафин//ФГБОУ ВПО, Москва: 2013. - с. 38-50.

УДК 37.01

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ ВОСПИТАНИЮ ДЕТЕЙ ИЗ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ДЕТСКИХ ДОМОВ

Антонова Ильвира Илгизовна, ст. преп.,

Тимербаева Лейсан Ильшатовна, студент

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Казань, e-mail: Leispace@mail.ru*

Вдовина Ксения Евгеньевна, студент

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург*

Аннотация. Рассматриваются вопросы и проблемы экологического образования и воспитания студенческой молодежи. Актуализируется роль деятельности молодежных экологических отрядов в высшей школе. Приведены результаты и подтверждена эффективность проведения общественно-полезных мероприятий студенческим экологическим отрядом по развитию экологической культуры населения и решению проблем экологии.

Ключевые слова: Экологическое образование, природа, сортировка, инициативный подход, специализированные детские дома.

INNOVATIVE APPROACH TO THE ENVIRONMENTAL EDUCATION OF CHILDREN FROM SPECIALIZED ORPHANAGES

Antonova I. I.¹, Timerbayeva L.I.¹, Vdovina K.E.²

¹Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan

²Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg

Annotation. *The article discusses the issues and problems of environmental education and upbringing of students. The role of youth environmental groups in higher education is being updated. The results are presented and the effectiveness of conducting socially useful events by the student environmental group for the development of the ecological culture of the population and solving environmental problems is confirmed.*

Keywords: *Environmental education, nature, sorting, proactive approach, specialized orphanages*

Введение

Экологическое воспитание является ключевым фактором формирования у подрастающего поколения ценностного отношения к природе и осознанной ответственности за её сохранение. Для детей, проживающих в специализированных детских домах, эта задача приобретает особую значимость, поскольку они часто сталкиваются с ограниченным доступом к природе и всем другим составляющим окружающей среды. Традиционные подходы к экологическому образованию зачастую не учитывают специфику потребностей детей, что требует разработки инновационных методик, сочетающих интерактивность, доступность и глубину усвоения материала. Внедрение современных технологий, игровых форматов и проектной деятельности помогает преодолеть барьеры в обучении, сделать его включённым и мотивирующим. Такие инновационные подходы не только формируют экологическую грамотность, но и способствуют социализации детей, развитию их креативности и навыков

коллективной работы. Задача - обосновать и апробировать инновационные методики экологического воспитания для воспитанников детских домов, сочетающие интерактивные технологии, игровые форматы и проектную деятельность, с целью формирования экологической грамотности к природе и социализации детей.

Экологическое воспитание направленно на формирование у детей осознанного и ответственного отношения к природе [1]. Основные принципы включают интеграцию природоохранных знаний в образовательный процесс, вовлечение детей в практическую деятельность и использование современных технологий. К этим можно отнести методы и технологии экологического воспитания, применяемые отрядом «Гринлайт» [2], члены которого на протяжении многих лет занимаются просвещением о значимости экологической культуры, природоохранной деятельностью и научно-исследовательскими проектами, внося значимый вклад в развитие экологического воспитания населения в Республике Татарстан, а также за её пределами. Отряд «Гринлайт» реализует масштабные экологические инициативы, и своей деятельностью воодушевляет и ориентирует молодёжь на более осознанное отношение к природе, способствуя формированию нового поколения активистов - экологов.

Среди тематических мероприятий следует отметить:

- Проектную деятельность (участие в экологических акциях и инициативах);
- Интерактивные игры (например, "ЭКО-планета" – игра, обучающая сортировке отходов);
- Практические мастер-классы (создание мини-теплиц, разукрашивание эко-шопперов);
- Использование цифровых образовательных технологий (видеоуроки, виртуальные экскурсии).

Одним из направлений и этапов являются программы, направленные на развитие экологической ответственности у детей, которые включают [3]:

- **Внедрение системы раздельного сбора отходов:** обучение детей принципам сортировки мусора и переработки, формирование привычек осознанного потребления и снижения экологического следа. Это помогает детям понять важность бережного отношения к ресурсам планеты и их рационального использования.

- **Организацию эко-квестов и интерактивных выставок:** использование игровых технологий для погружения детей в решение экологических задач через приключенческие сюжеты или исследовательские задания [4]. Такие мероприятия способствуют развитию творческого мышления, командной работы и практического применения экологических знаний.

- **Создание и поддержание эколого-просветительских лагерей:** организация специализированных площадок, где дети могут не только учиться, но и непосредственно взаимодействовать с природой. В таких лагерях ребята занимаются посадкой деревьев, изучением биоразнообразия, участвуют в экологических проектах и мастер-классах, что способствует формированию глубокой связи с окружающей средой.

Эти программы дополняются использованием цифровых технологий, таких как онлайн-платформы для экологического обучения, мобильные приложения для мониторинга экологических показателей, а также виртуальные туры по заповедникам и национальным паркам. Современные подходы позволяют сделать экологическое образование доступным, увлекательным и эффективным, вдохновляя детей на активное участие в защите окружающей среды.

Практические примеры внедрения инновационных подходов.

1. **Проект по озеленению территории детского дома.** Программа "Посади и вырасти" направлена на обучение детей навыкам ухода за

растениями [5]. В ходе проекта дети ухаживают за мини-теплицами, что развивает их ответственность и экологическое сознание. Кроме того, участники проекта создают оригинальные клумбы и цветники, используя композиции из многолетников и декоративных растений. Для усиления эстетического восприятия территории планируется оформление участков в виде сказочных композиций с использованием садовых фигур и арт-объектов, что способствует эмоционально-благоприятной среде.

2. Эко-лагерь для детей из специализированных учреждений.

Организация экологического лагеря помогает воспитанникам специализированных детских домов лучше понимать окружающий мир через практическое участие в природоохранных мероприятиях. В рамках лагеря дети занимаются посадкой деревьев, изучают биоразнообразие региона и участвуют в создании "зеленых зон" с использованием местных видов растений. Для углубления знаний включены мастер-классы по сбору и хранению семян огородных культур, что также способствует взаимодействию с родителями. Территория лагеря оборудуется скамейками, скульптурами и освещением, что делает пространство удобным и вдохновляющим.

3. Внедрение программ по переработке отходов.

Программы раздельного сбора отходов, такие как "ЭКОпланета", позволяют детям осознать важность ответственного обращения с отходами и их переработки [6]. В проектах предусмотрено обучение принципам сортировки мусора, а также создание условий для снижения экологического следа через осознанное потребление. Для вовлечения детей разработаны интерактивные задания, например, создание поделок из вторсырья или соревнования по сбору отходов. Для усиления эффекта от проектов планируется интеграция цифровых инструментов: онлайн-платформы для мониторинга роста растений, мобильные приложения для учета переработанных отходов, а также виртуальные экскурсии в заповедники. Это не только делает процесс

обучения наглядным, но и формирует устойчивый интерес к экологической тематике.

4. Методы вовлечения детей в экологическую сферу.

Использование игровых и проектных методов, интеграция экологии в повседневные занятия способствует повышению заинтересованности детей. Например, игровые технологии, такие как эко-квесты и симуляции, помогают детям усвоить сложные концепции через практику.

Проектная деятельность, включая создание школьных садов или исследований по биоразнообразию, формирует навыки коллективной работы и критического мышления, для усиления эффекта которого рекомендуется сочетать традиционные методы с цифровыми инструментами — онлайн-платформами для мониторинга природных процессов или мобильными приложениями для сортировки отходов.

Выводы

Инновационные подходы к экологическому воспитанию детей из специализированных детских домов доказывают свою эффективность в формировании устойчивой экологической культуры. Интеграция интерактивных игр, проектной деятельности и цифровых технологий не только повышает уровень знаний, но и ориентирует детей на более активное участие в природоохранных мероприятиях, укрепляя их связь с окружающим миром. Практические примеры — от создания экологических лагерей до внедрения систем раздельного сбора отходов — обеспечивают трансформирование теоретических знаний в области экологии в осознанные действия по охране, защите и сохранению природы.

Успех таких программ во многом зависит от профессионализма педагогов, способных адаптировать методики под индивидуальные потребности воспитанников и создавать условия для их эмоционального и интеллектуального роста. Дальнейшее развитие экологического образования требует расширения междисциплинарных связей, поддержки со стороны

государства и общества, а также постоянного обмена опытом между учреждениями. Только комплексный подход к решению изложенных задач позволит воспитать поколение, осознанно взаимодействующее с природой и готовое к решению глобальных экологических вызовов.

Список использованной литературы

1. Петрова, Е. В. Инновационные технологии в экологическом воспитании детей с особыми образовательными потребностями: монография / Е. В. Петрова. – М.: Изд-во МПГУ, 2022. – 184 с. – ISBN 978-5-4263-1122-1. URL: https://mpgu.edu.ru/upload/iblock/123/petrova_innovatsii_eko.pdf (дата обращения: 23.03.2025).
2. Антонова И.И., Каримуллина Д.И., Юдина А.П., Вдовина К.Е. Экологическое воспитание и образование в высших учебных заведениях // Наследие В.И. Вернадского и современные проблемы экологии. 2024. – № 1. – С. 43-50.
3. Смирнова, О. В. Экологическое воспитание в условиях интернатных учреждений: методология и практика / О. В. Смирнова, Л. А. Иванова // Педагогическое образование в России. – 2021. – № 3. – С. 78-85. – DOI: 10.24411/1991-7443-2021-10037.
4. Кузнецова, Т. Н. Проектная деятельность как инструмент экологической социализации воспитанников детских домов / Т. Н. Кузнецова // Экологическое образование. – 2023. – № 1. – С. 45-53. – URL: <https://eco-edu.ru/journal/2023/1/45> (дата обращения: 23.03.2025).
5. Программа развития экологического воспитания. Программа развития экологического воспитания в организациях для детей-сирот: официальный документ / Минпросвещения России. – М., 2022. – 56 с. – URL: <https://edu.gov.ru/press/2022/03/15/programma-eko-vospitaniya> (дата обращения: 23.03.2025).
6. Тимербалиева Л. И. Инновационные подходы к экологическому воспитанию в специализированных учреждениях / Л. И. Тимербалиева // Современная педагогика. – 2021. – Т. 9, № 4. – С. 112-120. – DOI: 10.30853/ped20210045.

УДК 504

**АВАРИЙНЫЕ РАЗЛИВЫ МАЗУТА НА ЮГЕ РОССИИ,
ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ**

Осипова Венера Юсуповна, канд. хим. наук, доцент,

Палкина Валерия Юрьевна, студент,

Степанов Илья Алексеевич, студент

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Казань, e-mail: uvenos16@gmail.com*

***Аннотация.** В статье рассматриваются аварийные разливы мазута на юге России, возникающие в процессе транспортировки. Эти инциденты наносят значительный вред экосистемам региона, приводя к серьезным экологическим последствиям. Также обсуждаются методы локализации и ликвидации мазутных загрязнений. Особое внимание уделяется тому, что выбор оборудования для ликвидации разливов мазута в этом регионе зависит от климатических условий, особенностей местности, наличия прибрежных экосистем.*

***Ключевые слова:** мазут, аварийные разливы, чрезвычайные ситуации, экологические последствия, ликвидация последствий.*

**EMERGENCY FUEL OIL SPILLS IN THE SOUTH OF RUSSIA,
CAUSES AND CONSEQUENCES**

Osipova V. Yu., Palkina V.Yu., Stepanov I.A.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

***Annotation.** The article discusses emergency fuel oil spills in the south of Russia that occur during transportation. These incidents cause significant damage*

to the ecosystems of the region, leading to serious environmental consequences. Methods of localization and elimination of fuel oil pollution are also discussed. Particular attention is paid to the fact that the choice of equipment for the elimination of fuel oil spills in this region depends on climatic conditions, terrain features, the presence of coastal ecosystems.

Keywords: *fuel oil, emergency spills, emergency situations, environmental consequences, elimination of consequences.*

Введение

Аварийные разливы мазута в Черном море представляют собой серьезную экологическую проблему, наносящую ущерб морской экосистеме, экономике прибрежных стран и здоровью местного населения. Мазут, тяжелая фракция нефти, образует на поверхности водоемов пленку, препятствующую поступлению кислорода, что угрожает жизни водных организмов. При низких температурах он оседает на дно, отравляя моллюсков и рыб.

Мазут долго остается в окружающей среде, вызывая хроническое отравление флоры и фауны, мутации и снижение репродуктивности редких видов. Морские птицы также подвержены риску: попадая в мазут, они теряют возможность летать и плавать, что приводит к голодной смерти.

При попадании на берег мазут загрязняет почву и растительность, нарушая экосистему и плодородие грунта. Восстановление таких территорий может занять годы. Проблема разливов мазута требует комплексного подхода к предотвращению аварий и ликвидации их последствий.

Цель статьи рассмотреть аварийные разливы мазута, причины и последствия нефтяных загрязнений.

Сравнение двух экологических катастроф — разлива мазута в Керченском проливе в 2007 и 2024 годах

2007 год: первая крупная авария

В ноябре 2007 года сильный шторм, вызванный средиземноморским циклоном, привёл к крушению нескольких судов в Керченском проливе. Танкер «Волгонефть-139» разломился надвое, и в воду попало около 1,3 тыс. тонн мазута. Это был крупнейший разлив нефтепродуктов в регионе на тот момент. Мазут быстро распространился по акватории, загрязнив побережье протяжённостью 50 км. Основной удар пришёлся на дамбу Тузлинской косы и западное побережье косы Чушка.

Экологические последствия были серьёзными: погибло от 15,5 до 18,5 тыс. водоплавающих птиц. Однако водные экосистемы, по данным исследований, не пострадали значительно. Ликвидация последствий заняла около месяца: было задействовано более 1200 человек, 400 единиц техники и 20 судов. К 6 декабря 2007 года собрали около 48 тыс. тонн отходов, в основном пропитанного мазутом песка и водорослей.

Несмотря на оперативную реакцию властей, ответственность за аварию так и не была чётко установлена. Общественный резонанс был высоким, но кратковременным. Вопросы предотвращения подобных катастроф и разработки новых технологий для очистки воды от мазута остались без ответа.

2024 год: повторение трагедии 15 декабря 2024 года история повторилась, но в более масштабном варианте. Шторм стал причиной крушения двух танкеров — «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239». В воду попало минимум 3 тыс. тонн мазута, что более чем в два раза превышает объём разлива 2007 года. Загрязнение распространилось на 50 км побережья, а позже достигло Керчи, озера Тобечик и даже Севастополя [1].

Экологические последствия оказались ещё более серьёзными. Помимо гибели 210 птиц, были обнаружены дельфины. Как минимум, десяток этих удивительных млекопитающих погибли. Большинство из них было выброшено на берег, но некоторых обнаружили в воде. Буквально все дельфины относятся к виду азовок — самым маленьким дельфинам,

обитающим в Чёрном море. Они очень любят плавать около берега, из-за чего и пострадали. Причиной их гибели стал мазут— произошла острая интоксикация, с которой они не смогли справиться. Волонтёры и местные жители активно участвовали в ликвидации последствий, но столкнулись с нехваткой средств защиты и отсутствием вывоза собранного мазута. К 18 декабря число волонтёров достигло 4 тыс. человек, но их усилия часто оказывались недостаточными из-за плохой организации процесса.

Режим чрезвычайной ситуации был повышен до федерального уровня 26 декабря. Капитаны танкеров были задержаны и обвинены в нарушении правил безопасности. Однако, как и в 2007 году, основная проблема — отсутствие эффективных технологий для удаления мазута из толщи воды — осталась нерешённой.

Почему история повторяется?

Обе катастрофы имеют общие черты: сильные штормы, использование старых или неподходящих судов, отсутствие технологий для очистки воды от мазута. Однако в 2024 году к природным факторам добавился человеческий фактор. Танкер «Волгонефть-239» вообще не должен был выходить в море из-за приостановленных документов, но это не остановило его владельцев [2].

Ещё одна проблема — недостаточная подготовка к ликвидации последствий. В 2007 году очистка проводилась более организованно, хотя и вручную. В 2024 году волонтёры и местные жители столкнулись с отсутствием поддержки со стороны властей. Мешки с мазутом, собранные на пляжах, не вывозились, а отчёты властей о ситуации часто не совпадали с реальностью.

Масштаб и объём разлива:

2007 год: разлилось около 1,3 тыс. тонн мазута.

2024 год: разлилось минимум 3 тыс. тонн мазута (более чем в два раза больше).

Разлив в 2024 году был значительно масштабнее, что увеличило потенциальный ущерб для экосистемы.

Причины аварии:

2007 год: Сильный шторм, вызванный средиземноморским циклоном, привёл к крушению нескольких судов, включая танкер «Волгонефть-139». Погодные условия были экстремальными для региона.

2024 год: Шторм также стал причиной аварии, но дополнительным фактором стало использование старых танкеров («Волгонефть-212» и «Волгонефть-239»), которые не были предназначены для таких условий. Один из танкеров вообще не должен был выходить в море из-за приостановленных документов.

В 2024 году к природным факторам добавился человеческий фактор — использование устаревших и небезопасных судов.

Причины кораблекрушений:

Превышение срока эксплуатации судов. Конструктивный срок службы подобных танкеров — 25 лет, однако танкер «Волгонефть-212» был спущен на воду в 1969 году, а «Волгонефть-239» — в 1973 году. Оба судна эксплуатировались на 10–15 лет дольше нормативного срока.

Нахождение в море во время шторма. Конструкция этих судов не рассчитана на сильное волнение. Максимальная высота волны, при которой «Волгонефть-212» могла безопасно находиться в море, составляла 2,5 м, а у «Волгонефть-239» — 2 м. При этом во время шторма в Керченском проливе высота волн достигала 5 метров. Проверка Ространснадзора выявила, что оба танкера нарушили сезонные ограничения на плавание в акватории пролива.

Отсутствие разрешений. «Волгонефть-239» перевозила нефтепродукты из порта Азов, несмотря на то что действие её документов было приостановлено Российским классификационным обществом.

Задержка с разгрузкой. По словам капитана, разгрузка «Волгонефти-239» задержалась из-за того, что в обход очереди приоритет был отдан

танкерам «Роснефти», хотя экипаж заранее предупреждал о поломке котла [3].

Экологические последствия:

2007 год: Загрязнение побережья протяжённостью 50 км.

Погибло 15,5–18,5 тыс. птиц.

Водные экосистемы, по данным исследований, не пострадали значительно.

2024 год: Загрязнение побережья протяжённостью до 50 км, с дополнительными участками в Керчи и у озера Тобечик.

Погибло 210 птиц и 10 дельфинов.

Последствия для морской фауны ещё изучаются, но уже очевидно, что они серьёзные.

В 2007 году последствия были более локальными, но массовая гибель птиц вызвала большой резонанс. В 2024 году последствия более масштабны, включая гибель дельфинов, что указывает на более глубокое воздействие на экосистему [4].

Пути решения проблемы:

1. Ужесточение контроля за судами

Регулярные инспекции: ввести обязательные проверки состояния судов, особенно танкеров.

Запрет на старые суда: запретить эксплуатацию судов, не соответствующих современным стандартам.

Система сертификации: создать систему сертификации, учитывающую технические и экологические параметры.

2. Разработка технологий очистки воды

Инвестиции в исследования: разрабатывать более эффективные технологии очистки, включая биоремедиацию и новые сорбенты.

3. Улучшение реагирования на аварии

Координационный центр: учредить центр для организации действий при разливах.

Оперативные планы: разработать детализированные планы реагирования с распределением ролей.

Обучение и тренировки: проводить регулярные учения для повышения готовности служб [5].

4. Защита экосистемы

Мониторинг состояния экосистемы: установить постоянный мониторинг для выявления угроз.

Программы восстановления: разработать программы по восстановлению пострадавших экосистем.

Общественное участие: вовлечь местные сообщества в охрану экосистемы.

5. Обучение и информирование

Кампании повышения осведомленности: информировать моряков и местное население о последствиях разливов.

Обучение специалистов: организовать курсы повышения квалификации для специалистов в области безопасности и экологии [6].

Выводы

Таким образом, можно сказать, что ситуация с аварийными разливами мазута в Черном море подчеркивает необходимость комплексного подхода к управлению морскими ресурсами и экосистемами. Для предотвращения повторения подобных инцидентов требуется не только усиление контроля и соблюдение норм, но и активное вовлечение общественности в процессы мониторинга и защиты окружающей среды.

Нефть называют «чёрным золотом» и ценят во всём мире. Но когда нефть разливается так, как в Керченском проливе, она из драгоценной добычи превращается в зло. Остаётся только надеяться на то, что количество такого зла будет сведено к минимуму.

Список использованной литературы

1. Смирнов, Д. А., Федоров, А. М. Сравнительный анализ разливов нефти: случаи 2007 и 2024 годов // Журнал морской экологии, 2020. – 134с.
2. Бурлакова, Е. А. Нефтяные загрязнения: экология. – Санкт-Петербург: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2015. – 210 с.
3. Адельшин А.Б., Адельшин А.А., Урмитова Н.С. Новые технологические и технические решения установок очистки нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков // Известия КГАСУ, 2010. – №2(14). – С.197-205.
4. Киселев, А. В. Экологические последствия разливов нефти и нефтепродуктов в морских экосистемах. – М.: Научный мир, 2010. – 131 с.
5. Солдатов, А. П., Никифоров, В. И. Методы ликвидации аварийных разливов нефти: практический опыт // Экологическая безопасность, 2023. – 38с.
6. Барышева О.Б., Садыкова Р.А., Хабибуллин Ю. Х., Таймаров М. А. Высокотемпературная переработка твердых бытовых отходов // Известия КГАСУ. – 2019. - №2(48) – С. 307-313.

УДК 371

ОЦЕНКА ЛОКАЛЬНОГО УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩЕГО УСЛУГИ ПО ВЫРАЩИВАНИЮ, ПЕРЕРАБОТКЕ И РЕАЛИЗАЦИИ ПТИЦЫ

*Поплавская Олеся Евгеньевна, студент,
Шагидуллин Артур Рифгатович, д-р техн. наук, с.н.с., ст. преподаватель
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань, e-mail:
Artur.Shagidullin@tatar.ru*

***Аннотация.** В ходе исследования проведен комплексный анализ воздействия птицеводческого комплекса полного цикла на качество атмосферного воздуха. Проведены расчеты максимально разовых и среднегодовых концентраций, а также пространственному распределению загрязнений на прилегающих территориях.*

***Ключевые слова:** агропромышленный объект, максимально разовые концентрации, среднегодовые концентрации.*

**ASSESSMENT OF THE LOCAL LEVEL OF CONTAMINATION OF THE
SURFACE LAYER OF ATMOSPHERIC AIR IN THE ZONE OF
INFLUENCE OF EMISSIONS FROM AN AGRO-INDUSTRIAL FACILITY
PROVIDING SERVICES FOR THE CULTIVATION, PROCESSING AND
SALE OF POULTRY**

Poplavskaya O.E., Shagidullin A.R.

*Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-
KAI, Kazan*

***Annotation.** In the course of the study, a comprehensive analysis of the impact of a full-cycle poultry complex on atmospheric air quality was carried out. Calculations of the maximum single and average annual concentrations, as well as the spatial distribution of pollutants in the adjacent territories, have been carried out.*

***Keywords:** agro-industrial facility, maximum single concentrations, average annual concentrations.*

Введение

Агропромышленные предприятия в процессе своей хозяйственной деятельности оказывают определенное влияние на состояние атмосферного воздуха. Степень и специфика такого воздействия зависят от

производственной направленности предприятия, используемых технологических процессов, уровня технического оснащения и ряда других факторов. Выбросы, образующиеся при эксплуатации сельскохозяйственной техники, переработке продукции, функционировании животноводческих комплексов и других производственных объектов, распространяются в атмосфере под воздействием воздушных потоков. Проведение расчетов рассеивания выбросов позволяет определить уровень концентрации загрязняющих веществ в приземном воздушном слое (C , мг/м³).

Исследование включает расчеты выбросов для агропромышленного предприятия полного цикла (выращивание птицы, переработка мяса, производство готовой продукции). Жилые зоны расположены вблизи предприятия, что требует соблюдения нормативов качества воздуха.

В состав агропромышленного объекта входят:

- Птичники
- Котельные
- Колбасный цех
- Кормоцех
- Деревообрабатывающий участок
- Холодильная станция

Вредные вещества поступают в атмосферу через системы вентиляции, при кормлении птицы, уборке помёта, работе технологического оборудования и хранении отходов. Основные загрязнители: аммиак, сероводород, органическая пыль и летучие соединения. Общий объём выбросов составляет 196,2 т/год, из которых 119,3 т/год - оксид углерода (основной источник - котельные установки и автотранспорт предприятия).

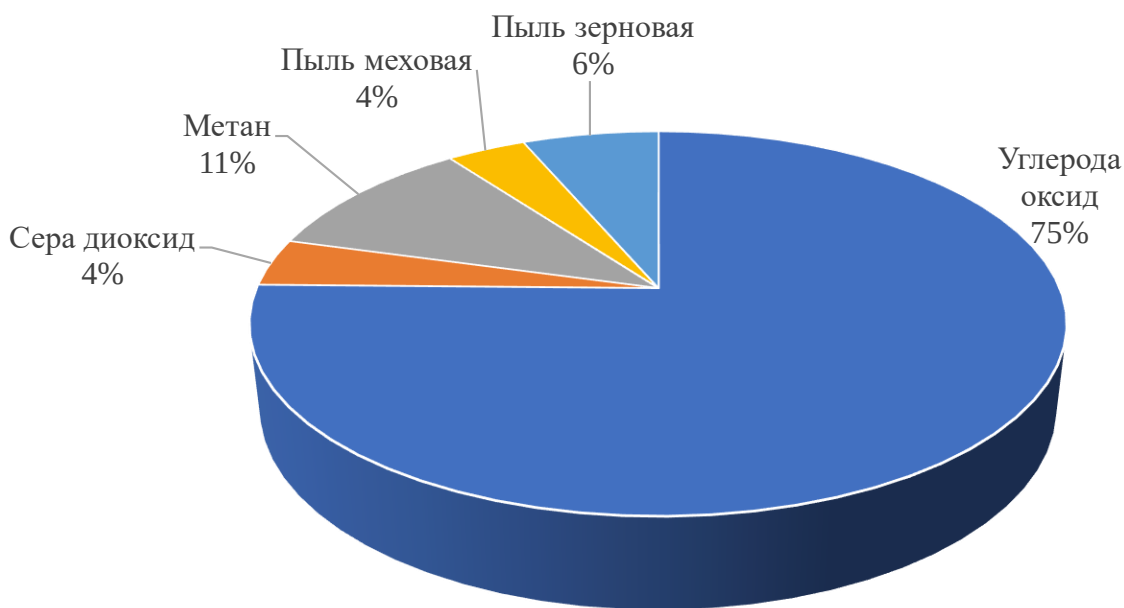


Рис. 1. Состав выбросов вредных веществ в атмосферный воздух

На рисунке видно процентное соотношение выбросов вредных веществ в атмосферный воздух. Основную долю выбросов составляет оксид углерода (75%), что значительно превышает другие компоненты. Метан занимает 11% от общего объема выбросов, тогда как пыль зерновая, пыль меховая и диоксид серы составляют по 4% каждый.

Рассеивание вредных веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, зависит не только от метеорологических условий, но и от параметров источников выбросов. Общее количество функционирующих на промышленном объекте источников – 89 штук. Распределение источников выбросов по высоте приведено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение источников выбросов по высоте

Градация высоты источников	Количество источников
0-10 м, кол-во (%)	89 (100 %)
11-20 м, кол-во (%)	0 (0 %)
21-30 м, кол-во (%)	0 (0 %)
31-50 м, кол-во(%)	0 (0 %)
51-100 м, кол-во(%)	0 (0 %)
>100 м, кол-во(%)	0 (0 %)

Для определения конкретных уровней воздействия выбросов в атмосферный воздух, т.е. ожидаемых приземных концентраций загрязняющих веществ, были проведены расчеты рассеивания выбросов в атмосферном воздухе.

Для этого на территории ближайших жилых зон были заданы расчетные точки (табл. 2). Для получения полей распределения концентраций вредных веществ по прилегающей территории был задан расчетный прямоугольник (табл. 3). Шаг расчетной сетки прямоугольника был задан равным 50 м.

Таблица 2

Расчетные точки на территории ближайших жилых зон

Код	Координаты в системе МСК-16 (зона 1), м		Высота расчета, м	Комментарий
	X	Y		
1	1291882,50	486920,50	2,00	Частный жилой дом к северо-западу от промплощадки
2	1292005,50	486991,00	2,00	Частный жилой дом к западу от промплощадки
3	1292387,50	487202,00	2,00	Частный жилой дом к северу от промплощадки
4	1292514,50	487267,50	2,00	Частный жилой дом к востоку от промплощадки
5	1291104,00	486341,50	2,00	Частный жилой дом к юго-востоку от промплощадки
6	1290661,50	486575,00	2,00	Частный жилой дом к югу от промплощадки

Таблица 3

Параметры расчетного прямоугольника

Код	Координаты площадки в системе МСК-16 (зона 1), м				Ширина, м
	Координаты середины 1-й стороны, м		Координаты середины 2-й стороны, м		
	X	Y	X	Y	
1	1290304,50	487529,50	1293304,50	487529,50	3000,00

К наиболее часто используемым программным комплексам, реализующим расчет выбросов и рассеивания выбросов в приземном слое атмосферного воздуха, относятся:

- ЭПК «Zone» (использует 3D-гидродинамическую модель и методы Монте-Карло) [3].

- «Интеграл» (расчет выбросов и рассеивания ЗВ [4].

- «VITECON» (учитывает орографию, химические трансформации и турбулентность) [5].

Расчеты выполнены в УПРЗА «Эколог» (4.70), соответствующем методическим требованиям. [5].

Результаты (табл. 4) представлены в абсолютных единицах и долях ПДК/ОБУВ для ближайших жилых зон.

Таблица 4

**Результаты расчета максимальных разовых концентраций в точках
ближайших жилых зон**

Код	Наименование	ПДК, мг/м ³	Максимальная концентрация	
			доли ПДК	мг/м ³
143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)	0,01	0,011	1,1347E-04
301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	0,2	0,590	0,1180
0322	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,3	2,7247E-06	8,5885E-07
304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	0,4	0,0499	0,01995
337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	5	0,0911	0,4553
342	Фтористые газообразные соединения/в пересчете на фтор/: - гидроф	0,02	0,0012	2,2259E-05
602	Бензол (Циклогексатриен; фенилгидрид)	0,3	6,4076E-05	1,9187E-05
616	Диметилбензол (смесь о-, м-, п- изомеров) (Метилтолуол)	0,2	6,4944E-05	1,5928E-05
621	Метилбензол (Фенилметан)	0,6	0,0002	0,0001
1061	Этанол (Этиловый спирт; метилкарбинол)	5	1,5387E-05	1,0984
2920	Пыль меховая (шерстяная, пуховая)	0,03	2144,25	164,3333
3721	Пыль мучная	6	1,098	1,098
2936	Пыль древесная		2765,9167	1382,9167
6004	Аммиак, сероводород, формальдегид	0,2	3605,6667	-
6040	Серы диоксид и трехокись серы (аэрозоль серной кислоты), аммиак	0,5	2359,0833	-
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,05	2132,75	106,6667

6043	Серы диоксид и сероводород	1	1459	-
6046	Углерода оксид и пыль цементного производства	1	455,4167	-
6204	Азота диоксид, серы диоксид	1,6	1912,25	-
6205	Серы диоксид и фтористый водород	1,8	166,3333	-

Таблица 5

**Результаты расчета среднегодовых концентраций в точках
ближайших жилых зон**

Код	Наименование	ПДК, мг/м ³	Максимальная концентрация	
			доли ПДК	мг/м ³
123	диЖелезо триоксид (железа оксид) (в пересчете на железо)	0,04	0,5947	2,9183
143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)	0,00005	9,75	0,7501
322	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,3	1,6669	1,6667
342	Гидрофторид (Водород фторид; фтороводород)	0,005	2,1695	2,0834
602	Бензол (Циклогексатриен; фенилгидрид)	0,005	1,841	0,7514
621	Метилбензол (Фенилметан)	0,4	0,9392	2,1697
703	Бенз/а/пирен	0,000001	2,5308	2,5
1071	Гидроксibenзол (фенол)	0,003	31,5833	2,0149
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,05	769,25	2,3333
3721	Пыль мучная	6	2,5834	0,8334

На рисунке 2 представлен результат расчета полей максимальных концентраций для диоксида серы (SO₂) и трехоксида серы (SO₃)

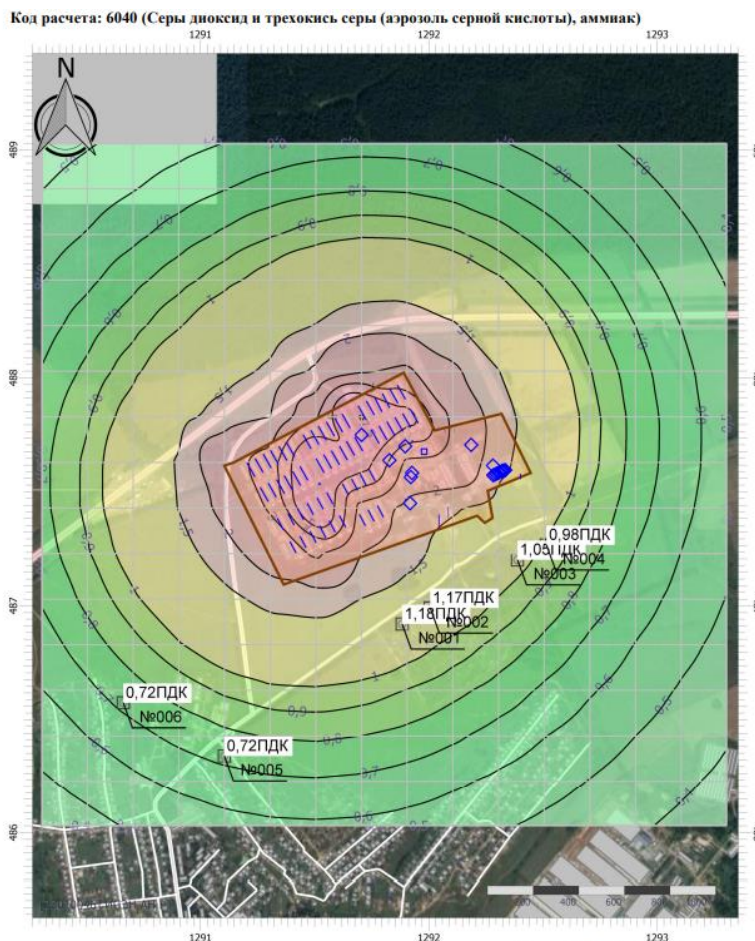


Рис. 2 (6040) Расчет полей максимальных концентраций для диоксида серы (SO_2) и трехоксида серы (SO_3)

Выводы

Наибольшие концентрации загрязняющих веществ были зафиксированы в северо-западном направлении от источника выбросов. В контрольной точке №001 концентрация составила $0,59 \text{ мг/м}^3$ (1,18 ПДК), в точке №002 - $0,585 \text{ мг/м}^3$ (1,17 ПДК). Полученные значения демонстрируют значительное превышение предельно допустимых концентраций. Максимальная зарегистрированная концентрация достигла $0,59 \text{ мг/м}^3$ при превышении ПДК на 17-18% в обеих контрольных точках. Такие уровни загрязнения создают серьезную угрозу для здоровья населения и состояния окружающей среды. Устойчивое превышение ПДК в жилой зоне свидетельствует о необходимости срочного внедрения мер по снижению выбросов и организации постоянного экологического мониторинга.

Таким образом, при условии функционирования в регламентном режиме работы с соблюдением установленных нормативов выбросов, реализуемые на исследуемом производственном объекте технологии позволяют обеспечивать надлежащее качество атмосферного воздуха в зоне воздействия его выбросов, включая прилегающую жилую застройку [6,7].

Список использованной литературы

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
2. Экологический программный комплекс для персональных ЭВМ: Теорет. основы и руководство пользователя ЭПК "Zone": Разраб. "Ленэкософт". СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 165с
3. Официальный сайт ООО «Фирма «Интеграл»». URL: <https://integral.ru/news/>.
4. Бузало Г.А., Бузало Н.С., Коцур С.В., Никифоров А.А. Некоторые задачи оптимизации в проблеме загрязнения атмосферы промышленного региона // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, Новочеркасск.2010. – № 6. – С. 107–110.
5. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 № 47734).
6. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Валиев В.С., Григорьева И.Г., Кузнецова О.Н. Разработка моделей прогноза концентраций примесей в приземном слое атмосферного воздуха на основании значимых метеорологических параметров//Вестник Технологического университета, 2016. – Т. 19. – № 22. – С. 179-181.
7. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г.Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (Сообщение 1) // Вестник Технологического университета, 2015. – Т. 18. – № 8. – С. 231-233.

**РАСЧЕТ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КОМПОНЕНТОВ
ВЫБРОСОВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОТ
АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ**

Селедкина Виктория Алексеевна¹, студент,

*Шагидуллин Артур Рифгатович², доктор технических наук, с.н.с., ст.
преподаватель*

*¹ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Казань, ²Институт проблем экологии и
недропользования Академии наук Республики Татарстан, e-mail:*

vika.seledkina.03@mail.ru

***Аннотация.** Проведена оценка негативного воздействия на
атмосферный воздух автозаправочных станций. Охарактеризованы
основные технологические процессы, приводящие к выбросам загрязняющих
веществ, а также компонентный состав этих выбросов. Приводятся
результаты расчетов максимальных разовых и среднегодовых концентраций
вредных веществ на прилегающих территориях.*

***Ключевые слова:** выбросы в атмосферу, загрязняющие вещества,
промышленный объект, нефтепродукты, расчеты рассеивания,
максимальные разовые концентрации, среднегодовые концентрации.*

**CALCULATION OF SURFACE CONCENTRATIONS OF EMISSION
COMPONENTS ENTERING THE ATMOSPHERE FROM FILLING
STATIONS**

Seledkina V.A.¹, Shagidullin A.R.²

*¹Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI,
Kazan, ²Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences
of the Republic of Tatarstan, Kazan*

Annotation. *The assessment of the negative impact on the atmospheric air of filling stations is carried out. The main technological processes leading to emissions of pollutants, as well as the component composition of these emissions, are characterized. The results of calculations of the maximum one-time and average annual concentrations of harmful substances in the adjacent territories are presented.*

Keywords: *emissions into the atmosphere, pollutants, industrial facility, oil products, dispersion calculations, maximum one-time concentrations, average annual concentrations.*

Введение

Деятельность автозаправочных станций (АЗС) связана с выделением вредных веществ в атмосферный воздух, что обусловлено испарением нефтепродуктов при их хранении, транспортировке и заправке транспортных средств. Интенсивность загрязнения определяется объемами реализуемого топлива, техническим состоянием оборудования, особенностями конструкции резервуаров, а также применяемыми на АЗС технологиями улавливания и нейтрализации выбросов. В результате расчета рассеивания выбросов определяются концентрации вредных веществ в приземном слое воздуха (C , мг/м³) [1-3].

В рамках настоящего исследования рассмотрены автозаправочные станции, обеспечивающие прием, хранение и реализацию нефтепродуктов.

Жилые зоны располагаются в непосредственной близости от промышленного объекта. Ближайшие из них – многоквартирные дома со всех сторон. Таким образом, применяемые на объекте технологии должны обеспечивать надлежащее качество атмосферного воздуха уже вблизи границы собственной территории.

Основными источниками поступления вредных веществ в атмосферный воздух на автозаправочных станциях являются:

1. Испарение топлива через дыхательные клапаны резервуаров.
2. Выбросы при заправке автомобилей, связанные с испарением бензина в процессе перелива.
3. Неплотности соединений трубопроводов, шлангов, заправочных пистолетов.
4. Слив топлива из автоцистерн, сопровождающийся выделением паров углеводородов.

Поступление вредных веществ в атмосферный воздух в рамках основных производственных процессов осуществляется через дыхательные клапана емкостного оборудования, в результате прямого контакта нефтепродуктов с атмосферой, а также через неплотности оборудования.

Суммарная масса вредных веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, составляет 122,578 тонн/год, 99,5% из которых имеет газообразное или жидкое (атмосферные взвеси) агрегатное состояние.

Основная масса выбросов приходится на смесь предельных углеводородов C_1H_4 - C_5H_{12} (около 72,4 тонн/год или более 59%) и смесь предельных углеводородов C_6H_{14} - $C_{10}H_{22}$ (около 25,2 тонн/год или более 21%), которые возникают в основном из-за испарений топлива из резервуаров и при заправке автомобилей. Эти углеводороды испаряются из-за температурных колебаний и давления в топливных системах.

Выбросы оксида углерода в результате работы основного оборудования – около 11,59 тонн/год, что составляет 9,5% в общем количестве.

Оставшиеся 10,5% в общей массе составляют различные углеводороды, технические смеси, простые газы и твердые компоненты выбросов, поступающие в атмосферный воздух как от основного, так и от вспомогательного оборудования предприятия.

Рассеивание вредных веществ, выбрасывающихся в атмосферный воздух, зависит не только от метеорологических условий, но и от параметров источников выбросов. Общее количество функционирующих на

промышленном объекте источников – 360 штук. Большая часть из них источники с неорганизованным выбросом – 85,83% или 309 штук. Распределение источников выбросов по высоте приведено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение источников выбросов по высоте

Градация высоты источников	Количество источников
0-10 м, кол-во(%)	360 (100 %)
11-20 м, кол-во(%)	0 (0 %)
21-30 м, кол-во(%)	0 (0 %)
31-50 м, кол-во(%)	0 (0 %)
51-100 м, кол-во(%)	0 (0 %)

Для оценки уровней воздействия выбросов в атмосферу, то есть определения ожидаемых приземных концентраций загрязняющих веществ, были проведены расчеты их рассеивания в атмосферном воздухе.

В пределах ближайших жилых зон были определены расчетные точки (табл. 2), а для анализа пространственного распределения концентраций загрязняющих веществ на прилегающей территории задан расчетный прямоугольник (табл. 3). Размер шага расчетной сетки данного прямоугольника составил 100 м.

Таблица 2

Расчетные точки на территории ближайших жилых зон

Код	Координаты в системе МСК-16 (зона 1), м		Высота расчета, м	Комментарий
	X	Y		
1	1307543,50	480913,00	2,00	Многоквартирный жилой дом к востоку от промплощадки
2	1307314,00	481019,00	2,00	Многоквартирный жилой дом к северу от промплощадки
3	1307195,00	480889,00	2,00	Многоквартирный жилой дом к западу от промплощадки
4	1307488,00	480518,50	2,00	Многоквартирный жилой дом к юго-востоку от промплощадки
5	1307118,50	481016,50	2,00	Многоквартирный жилой дом к северу от промплощадки
6	1307112,50	480458,50	2,00	Многоквартирный жилой дом к северо-западу от промплощадки
6	1307112,50	480458,50	2,00	Многоквартирный жилой дом к юго-востоку от промплощадки

Параметры расчетного прямоугольника

Код	Координаты площадки в системе МСК-16 (зона 1), м				Ширина, м
	Координаты середины 1-й стороны, м		Координаты середины 2-й стороны, м		
	X	Y	X	Y	
1	1306837,50	480899,25	1307837,50	480899,25	1000

К числу наиболее распространенных программных комплексов, используемых для расчета выбросов и их рассеивания в приземном слое атмосферы, относятся:

- ЭПК «Zone», основанный на сочетании трехмерной гидродинамической модели атмосферного пограничного слоя с методами Монте-Карло для оценки турбулентной диффузии [3].

- Комплекс программ «Интеграл», предназначенный для вычисления объемов выбросов и моделирования их рассеивания в атмосферном воздухе [4].

- Программный комплекс «VITECON», учитывающий орографические особенности подстилающей поверхности, химические превращения примесей, а также горизонтальную и вертикальную неоднородность турбулентно-диффузных характеристик воздуха [5].

Для проведения расчетов рассеивания использовалось программное обеспечение УПРЗА «Эколог» (версия 4.70), утвержденное для оценки рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере. Программа реализует соответствующую методику моделирования рассеивания примесей [5].

Результаты расчетов максимальных разовых концентраций загрязняющих веществ в точках ближайших жилых зон представлены в таблице 4, с выражением в абсолютных величинах, а также в долях предельно допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ).

Таблица 4

**Результаты расчета максимальных разовых концентраций в точках
ближайших жилых зон**

Код	Наименование	ПДК, мг/м ³	Максимальная концентрация	
			доли ПДК	мг/м ³
0322	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,4	3,35E-09	1,01E-09
0328	Углерод (Пигмент черный)	0,15	0,000542	7,99129E-05
0330	Сера диоксид	0,5	0,000885714	0,000440614
0333	Дигидросульфид (Водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	0,008	0,000628571	5,13429E-06
0337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	5	0,00041429	0,00214286
0402	Бутан	0,2	0,00604286	1,21085714
0410	Метан	0,2	0,00427143	0,21371429
0415	Смесь предельных углеводородов C ₁ H ₄ -C ₅ H ₁₂	200	0,02904286	5,81028571
0416	Смесь предельных углеводородов C ₆ H ₁₄ -C ₁₀ H ₂₂	50	0,00441429	0,22071429
0501	Амилены	0,5	0,01474286	0,022
0602	Бензол (Циклогексатриен; фенилгидрид)	0,3	0,06767143	0,02042857
0616	Диметилбензол (смесь о-, м-, п-изомеров) (Метилтолуол)	0,2	0,01278571	0,00252257
0621	Метилбензол (Фенилметан)	0,6	0,03191429	0,01914286
0627	Этилбензол (Фенилэтан)	0,02	0,02648571	0,00052089
1061	Этанол (Этиловый спирт; метилкарбинол)	0,01	5,14E-08	2,57E-07
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,003	0,00032857	1,7076E-05
1401	Пропан-2-он (Диметилкетон; диметилформальдегид)	0,35	1,53E-06	5,36E-07
1716	Одорант СПМ	0,05	0,03431429	0,00041176
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	5	1,21E-04	5,43E-04
2732	Керосин (Керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный)	1,2	0,00032857	0,00041043
2741	Гептановая фракция	0,3	2,76E-05	4,14E-05
2754	Алканы C ₁₂ -C ₁₉ (в пересчете на С)	1	0,00052857	0,00050504

Поля распределения самых больших максимальных разовых концентраций на прилегающих к промышленному объекту территориям представлений на рис. 1 для бензола и рисунке 2 для метилбензола.

При анализе максимальных разовых выбросов также не наблюдается превышения нормативов. Например, концентрация диоксида серы (SO_2) составляет $0,00044 \text{ мг/м}^3$, что в 1000 раз ниже предельно допустимого значения. Для серной кислоты зарегистрированное значение — $1,01 \times 10^{-9} \text{ мг/м}^3$, что составляет всего $3,35 \times 10^{-9}$ от ПДК, а значит, практически отсутствует в воздухе.

Наибольший вклад в загрязнение вносит углеводородная фракция. Так, смесь предельных углеводородов ($\text{C}_1\text{H}_4\text{-C}_5\text{H}_{12}$) имеет концентрацию $5,81 \text{ мг/м}^3$, что составляет 0,029 долей ПДК, а бензол – $0,0204 \text{ мг/м}^3$, что составляет 0,067 долей ПДК. Для метилбензола этот показатель составляет $0,0191 \text{ мг/м}^3$, что в 31 раз ниже нормы.

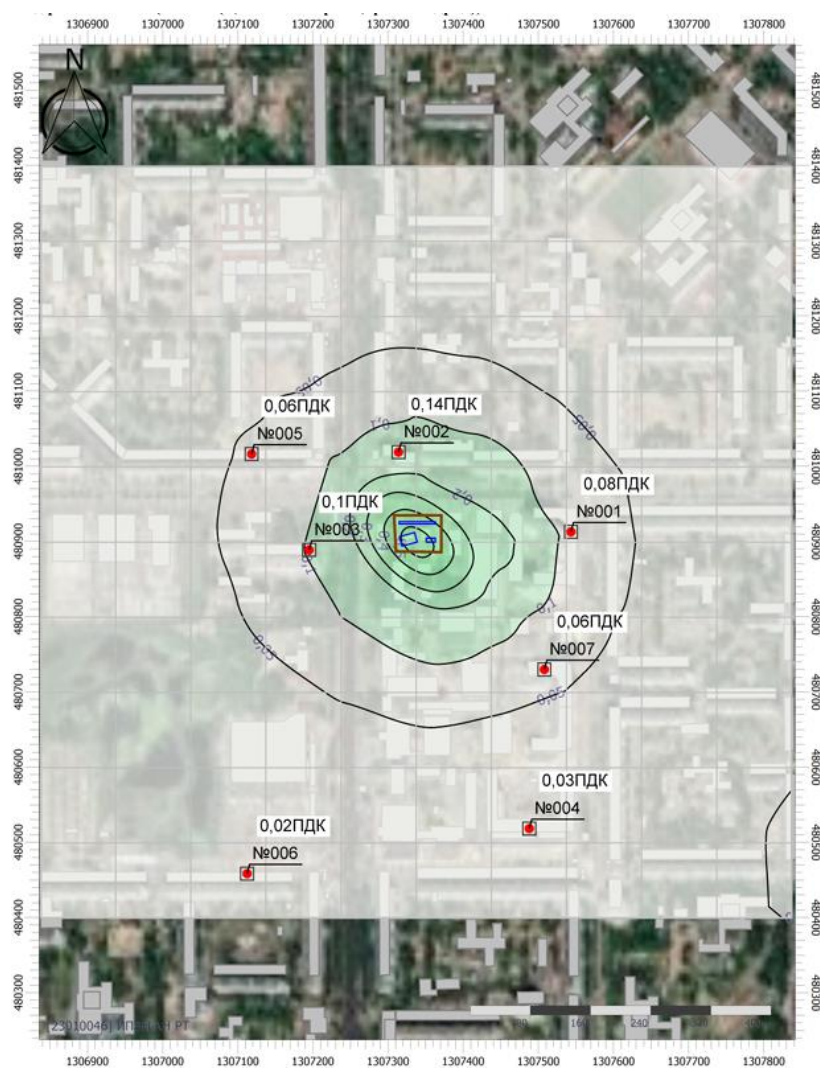


Рис. 1. Поля максимальных разовых концентраций бензола на прилегающих к промышленному объекту территориям

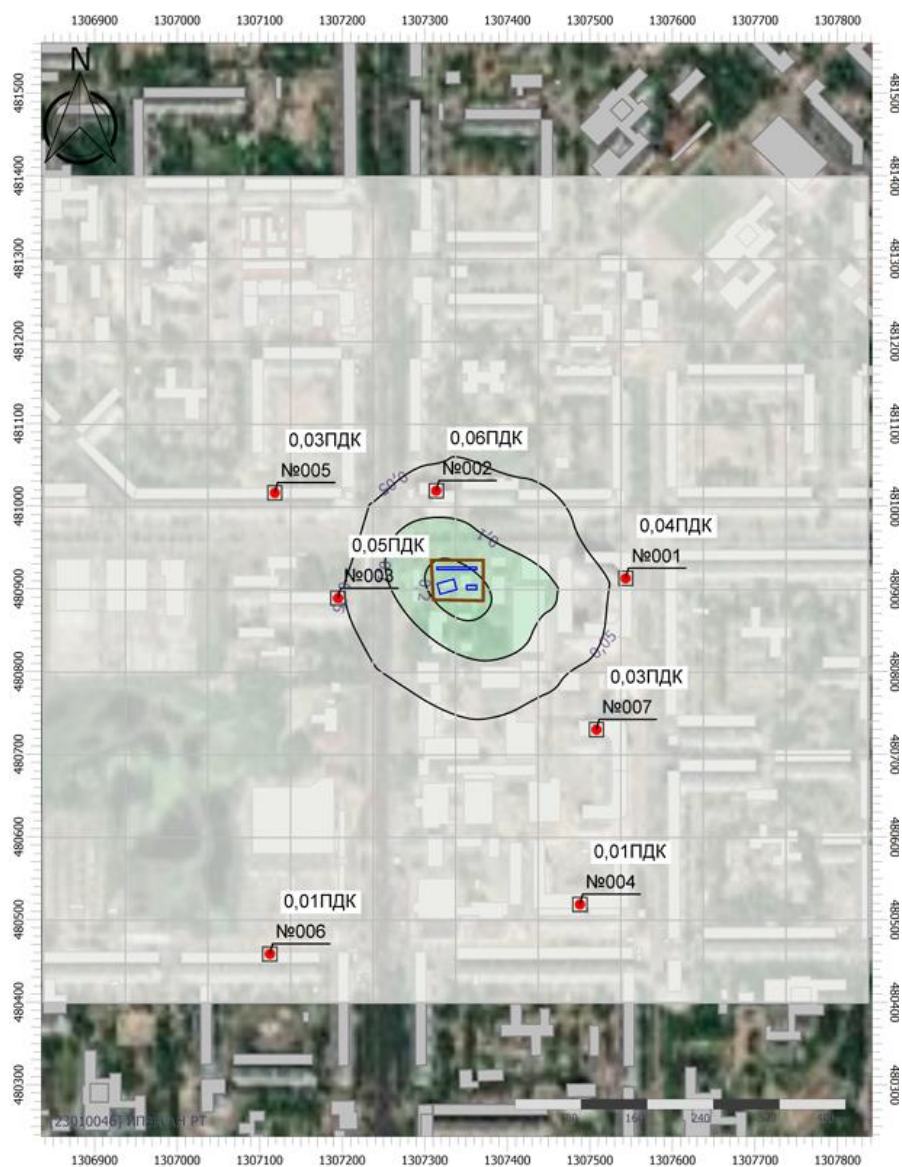


Рис. 2. Поля максимальных разовых концентраций метилбензола на прилегающих к промышленному объекту территориям

Таблица 5

**Результаты расчета среднегодовых концентраций в точках ближайших
ЖИЛЫХ ЗОН**

Код	Наименование	ПДК, мг/м ³	Максимальная концентрация	
			доли ПДК	мг/м ³
301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	0,04	0,0002	7,291E-06
304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	0,06	2,03E-05	1,22E-06
316	Гидрохлорид (по молекуле HCl) (Водород хлорид)	0,02	2,69E-08	5,38E-10
322	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,001	2,07E-08	2,07E-11
328	Углерод (Пигмент черный)	0,025	1,66E-05	4,16E-07

330	Сера диоксид	0,05	3,90E-05	1,95E-06
333	Дигидросульфид (Водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	0,002	8,49E-05	1,70E-07
337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	3	4,20E-05	1,26E-04
415	Смесь предельных углеводородов $C_1H_4-C_5H_{12}$	50	1,06E-04	5,43E-03
416	Смесь предельных углеводородов $C_6H_{14}-C_{10}H_{22}$	5	0,00041429	0,00191106
602	Бензол (Циклогексатриен; фенилгидрид)	0,005	0,03627143	0,00018138
616	Диметилбензол (смесь о-, м-, п- изомеров) (Метилтолуол)	0,1	2,23E-04	2,31E-05
621	Метилбензол (Фенилметан)	0,4	0,00042857	0,00017171
627	Этилбензол (Фенилэтан)	0,04	1,22E-04	4,72E-06
703	Бенз/а/пирен	0,000001	2,68E-06	2,68E-12
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,003	9,73E-06	2,92E-08
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	1,5	1,76E-05	2,65E-05

Анализируя данные таблиц, можно отметить, что выбросы автозаправочной станции не приводят к превышению предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе ближайших жилых зон. Как среднегодовые, так и максимальные разовые концентрации остаются в допустимых пределах, что свидетельствует о низком уровне загрязнения и эффективном рассеивании выбрасываемых веществ.

Среднегодовые концентрации всех рассмотренных веществ оказываются в сотни и тысячи раз ниже установленных ПДК. Например, для диоксида азота (NO_2) рассчитанная концентрация составляет $7,291 \times 10^{-6}$ мг/м³, что ниже ПДК более, чем в 5400 раз.

Углеводородные соединения, являющиеся основными компонентами испарений топлива, также не превышают установленных норм. Так, среднегодовая концентрация смеси предельных углеводородов ($C_1H_4-C_5H_{12}$) составляет $5,43 \times 10^{-3}$ мг/м³, что является лишь 0,000106 долей ПДК. Для бензина (в пересчете на углерод) это значение — $2,65 \times 10^{-5}$ мг/м³, что в более, чем в 56 000 раз ниже допустимого уровня.

Особое внимание стоит уделить канцерогенным веществам, таким как бензол и его производные. Среднегодовая концентрация бензола составляет $0,00018 \text{ мг/м}^3$, что лишь 0,0363 долей ПДК. Для этилбензола этот показатель — $0,000122 \text{ мг/м}^3$, что в 41000 раз ниже нормы. Это говорит о том, что даже опасные соединения присутствуют в воздухе в крайне малых количествах.

Выводы

Полученные данные расчета максимально разовых и среднегодовых концентраций показывают, что даже при самых неблагоприятных условиях выбросы автозаправочной станции не создают превышений допустимых нормативов. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ остаются на уровне тысячных долей от предельно допустимых значений, что свидетельствует об их эффективном рассеивании и отсутствии систематического накопления в окружающей среде.

Даже в периоды пиковых выбросов (разовые максимальные концентрации) содержание вредных веществ не превышает ПДК, что подтверждает отсутствие значительного загрязнения воздуха в ближайших жилых зонах. Однако при неблагоприятных метеорологических условиях, таких как штиль или температурная инверсия, возможно кратковременное повышение концентраций некоторых углеводородов. Поэтому рекомендуется проводить периодический мониторинг состояния атмосферного воздуха в районе автозаправки, особенно в периоды интенсивной эксплуатации.

В целом, проведенный анализ подтверждает, что работа автозаправочной станции не оказывает значимого негативного влияния на качество атмосферного воздуха, а концентрации загрязняющих веществ находятся в пределах санитарных норм [6,7].

Список использованной литературы

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
2. Экологический программный комплекс для персональных ЭВМ: Теорет. основы и руководство пользователя ЭПК "Zone": Разраб. "Ленэкософт". СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 165с

3. Официальный сайт ООО «Фирма «Интеграл»». URL: <https://integral.ru/news/>.
4. Бузало Г.А., Бузало Н.С., Коцур С.В., Никифоров А.А. Некоторые задачи оптимизации в проблеме загрязнения атмосферы промышленного региона // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, Новочеркасск.2010. – № 6. – С. 107–110.
5. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 № 47734).
6. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Валиев В.С., Григорьева И.Г., Кузнецова О.Н. Разработка моделей прогноза концентраций примесей в приземном слое атмосферного воздуха на основании значимых метеорологических параметров//Вестник Технологического университета, 2016. – Т. 19. – № 22. – С. 179-181.
7. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г.Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (Сообщение 1) // Вестник Технологического университета, 2015. – Т. 18. – № 8. – С. 231-233.

УДК 371

РАСЧЕТ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КОМПОНЕНТОВ ВЫБРОСОВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОТ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩЕГОСЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И КОМПЛЕКСОВ

Сагадиева Арина Рустамовна¹, студент,

*Шагидуллин Артур Рифгатович^{1,2}, доктор технических наук, с.н.с., ст.
преподаватель*

*¹ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Казань, ²Институт проблем экологии и
недропользования Академии наук Республики Татарстан, e-mail:
sagadieva123@mail.ru*

***Аннотация.** Проведена оценка негативного воздействия на
атмосферный воздух промышленного объекта, специализирующегося на*

производстве оптических приборов и комплексов. Охарактеризованы технологические процессы и компонентный состав выбросов, поступающих в атмосферный воздух. Приводятся результаты расчетов максимальных разовых и среднегодовых концентраций загрязняющих веществ на прилегающих территориях в долях ПДК.

Ключевые слова: выбросы в атмосферу, расчеты рассеивания, максимальные разовые концентрации, среднегодовые концентрации, оптико-механический завод.

CALCULATION OF SURFACE CONCENTRATIONS OF EMISSION COMPONENTS ENTERING THE ATMOSPHERIC AIR FROM AN INDUSTRIAL FACILITY SPECIALIZING IN THE PRODUCTION OF OPTICAL DEVICES AND COMPLEXES

Sagadieva A.R.¹, Shagidullin A.R.²

¹Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, ²Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan

Annotation. *An assessment of the negative impact on the atmospheric air of an industrial facility specializing in the production of optical devices and complexes has been carried out. The technological processes and the component composition of emissions entering the atmospheric air are characterized. The results of calculations of the maximum single and average annual concentrations of pollutants in adjacent territories in fractions of MPC are presented.*

Keywords: *atmospheric emissions, dispersion calculations, maximum single concentrations, average annual concentrations, optical and mechanical plant.*

Введение

На процесс рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе влияет целый ряд факторов: устойчивость атмосферы; характер расположения предприятий на местности и ее рельеф; высота и размеры

производственных зданий; диаметр устья и высота источника выброса; температура и скорость выхода газовой смеси из трубы; агрегатное состояние загрязняющих веществ и др.

Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере зависит также от метеорологических факторов: скорости и направления ветра; наличия и вида инверсий; температурной стратификации; влажности воздуха; атмосферного давления; штилей, осадков, туманов и др. Расчеты рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере проводятся с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы; метеорологических характеристик и коэффициентов, определяющих условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере в районе расположения предприятия; данных о фоновой концентрации загрязняющих веществ [1-3].

В рамках настоящего исследования расчёты загрязнения атмосферного воздуха проводились для предприятия, специализирующегося на производстве оптических приборов и комплексов.

Жилые зоны располагаются в непосредственной близости от промышленного объекта. Ближайшие из них – частный сектор с индивидуальными жилыми строениями вокруг всей промышленной зоны, что делает обязательным для предприятия обеспечивать надлежащее качество атмосферного воздуха уже вблизи границы собственной территории.

В состав предприятия оптико-электронного приборостроения входят:

- оптическое производство (изготовление линз, призм, зеркал и других оптических компонентов);
- механообрабатывающее производство (обработка металлических деталей для приборов);
- сборочное производство (сборка оптико-электронных приборов и систем);
- контрольно-испытательный комплекс;

- вспомогательные и инфраструктурные объекты (склады материалов и комплектующих, логистические площадки).

Поступление вредных веществ в атмосферный воздух в рамках основных производственных процессов осуществляется через вентиляционные и аспирационные системы и оборудование для обработки материалов.

Суммарная масса вредных веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, составляет 4,8 тонн/год, из которых имеет газообразное или жидкое (атмосферные взвеси) агрегатное состояние.

Основная масса выбросов приходится на метан, оксид азота, аммиак и сероводород (около 4,7 тонн/год).

Оставшиеся 3% в общей массе составляют различные углеводороды, технические смеси, простые газы и твердые компоненты выбросов, поступающие в атмосферный воздух как от основного, так и от вспомогательного оборудования предприятия.

Рассеивание вредных веществ, выбрасывающихся в атмосферный воздух, зависит не только от метеорологических условий, но и от параметров источников выбросов. Общее количество функционирующих на промышленном объекте источников – 14 штук, 5 из которых имеют организованную форму (вентиляционная труба, дефлектор, дымовая труба и т.д.). Согласно распределению по высоте, все источники выбросов находятся в диапазоне 0-10 м.

Для определения конкретных уровней воздействия выбросов в атмосферный воздух, т.е. ожидаемых приземных концентраций загрязняющих веществ, были проведены расчеты рассеивания выбросов в атмосферном воздухе.

Для этого на территории ближайших жилых зон были заданы расчетные точки (табл. 1). Для получения полей распределения концентраций вредных веществ по прилегающей территории был задан

расчетный прямоугольник (табл. 3). Шаг расчетной сетки прямоугольника был задан равным 50 м.

Таблица 1

Расчетные точки на территории ближайших жилых зон

Код	Координаты (м)		Высота (м)	Комментарий
	X	Y		
1	1310240,00	485920,50	2,00	Частный жилой дом к северо-востоку от промплощадки
2	1309783,50	485502,00	2,00	Частный жилой дом к западу от промплощадки
3	1309739,50	485373,50	2,00	Частный жилой дом к юго-западу от промплощадки
4	1309725,50	485161,00	2,00	Частный жилой дом к юго-западу от промплощадки
5	1309860,00	485744,00	2,00	Частный жилой дом к северу от промплощадки
6	1310131,00	485700,50	2,00	Частный жилой дом к северо-востоку от промплощадки
7	1309898,50	485115,50	2,00	Частный жилой дом к югу от промплощадки

Таблица 2

Параметры расчетного прямоугольника

Код	Координаты площадки в системе МСК-16 (зона 1), м				
	Координаты середины 1-й стороны, м		Координаты середины 2-й стороны, м		Ширина, м
	X	Y	X	Y	
1	1309494,00	485469,50	1310494,00	485469,50	1000

К наиболее часто используемым программным комплексам, реализующим расчет выбросов и рассеивания выбросов в приземном слое атмосферного воздуха, относятся:

-ЭПК «Zone» (базируются на комбинации трехмерной гидродинамической модели атмосферного пограничного слоя и методах Монте-Карло для оценки турбулентной диффузии) [3].

-Комплекс программных продуктов «Интеграл» (осуществляет расчет выбросов и расчёт рассеивания выбросов ЗВ в атмосферном воздухе) [4].

-Программный комплекс «VITECON» (учитывает орографическую неоднородность подстилающей поверхности, химические трансформации примесей, горизонтальную и вертикальную неоднородности турбулентно-диффузных свойств воздуха) [5].

Расчеты рассеивания проводились с использованием программного обеспечения УПРЗА «Эколог» (4.70), который регламентирован для расчета рассеивания ЗВ. Программа реализует методику расчета рассеивания ЗВ [5].

Результаты расчетов максимальных разовых концентраций в точках ближайших жилых зон представлен в таблице 3. Результаты расчетов выражены в абсолютных единицах и в долях предельно допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ).

Таблица 3

**Результаты расчета максимальных разовых концентраций в точках
ближайших жилых зон**

Код	Наименование	ПДКм, мг/м ³	Максимальная концентрация	
			доли ПДК	мг/м ³
0123	диЖелезо триоксид, (железа оксид)/в пересчете на железо	0,04	-	0,0020
0143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)	0,01	0,0003	3,0542E-06
0301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	0,2	0,0022	0,0004
0302	Азотная кислота (по молекуле HNO ₃)	0,4	0,0016	0,0006
0303	Аммиак (Азота гидрид)	0,2	0,0421	0,0084
0304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	0,06	0,0059	0,0024
0316	Гидрохлорид (по молекуле HCl) (Водород хлорид)	0,2	0,0029	0,0006
0322	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,3	0,0037	0,0011
0328	Углерод (Пигмент черный)	0,15	5,6635E-05	8,4953E-06
0330	Сера диоксид	0,05	9,8970E-06	4,9485E-06
0333	Дигидросульфид (Водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	0,002	0,1215	0,0010
0337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	5	5,8283E-06	2,9142E-05
0342	Фтористые газообразные соединения/в пересчете на фтор/: - гидроф	0,02	8,8410E-05	1,7682E-06
0349	Хлор	0,1	0,0343	0,0034
0410	Метан	-	0,0015	0,0765
1061	Этанол (Этиловый спирт; метилкарбинол)	5	0,0002	0,0010
1071	Гидроксibenзол	0,01	0,0866	0,0009
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,05	0,0126	0,0006
1716	Одорант СПМ	0,012	0,0026	3,1188E-05
2930	Пыль абразивная	-	0,0020	8,0373E-05

Поля распределения максимальных разовых концентраций для некоторых веществ в составе группы суммаций на прилегающих к промышленному объекту территориям представлены на рисунках 1-2.

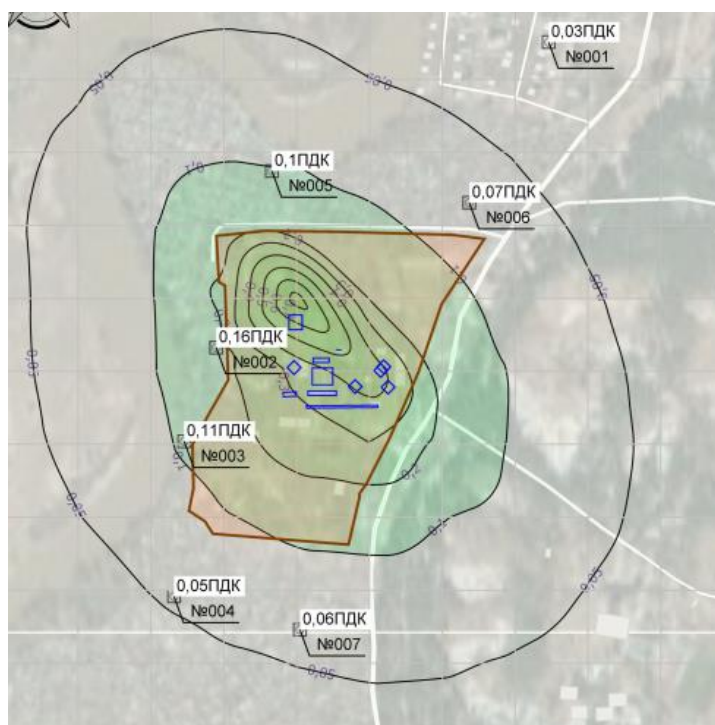


Рис. 1. Поля максимальных разовых концентраций на прилегающих к промышленному объекту территориях для группы суммаций 6004 (Аммиак, сероводород, формальдегид)

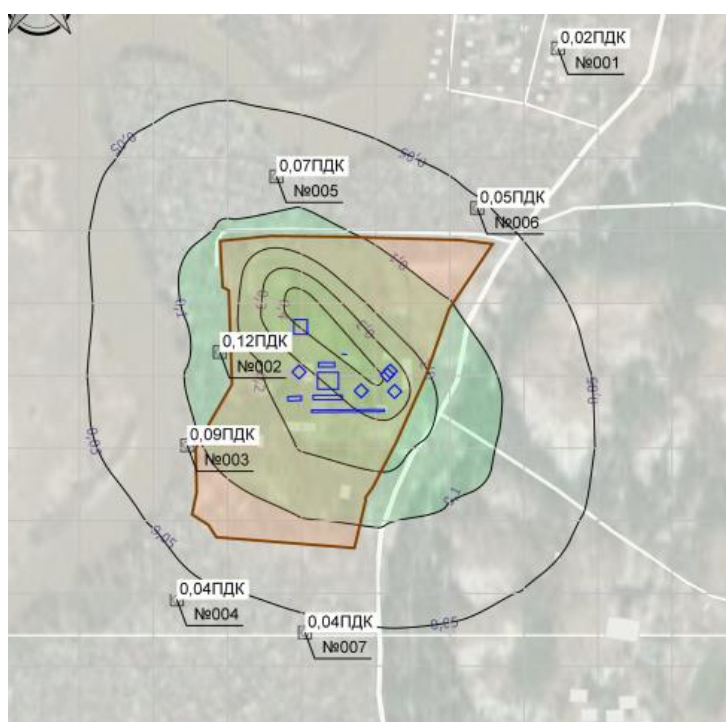


Рис. 2. Поля максимальных разовых концентраций на прилегающих к промышленному объекту территориях для группы суммаций 6043 (Серы диоксид и сероводород)

Таблица 4

**Результаты расчета среднегодовых концентраций в точках ближайших
жилых зон**

Код	Наименование	ПДК _{сг} , мг/м ³	Максимальная концентрация	
			доли ПДК	мг/м ³
0123	диЖелезо триоксид, (железа оксид)/в пересчете на железо	0,04	2,2239E-05	8,8955E-07
0143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)	0,001	4,0434E-05	2,0217E-09
0301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	0,04	0,0012	4,8464E-05
0302	Азотная кислота (по молекуле HNO ₃)	0,15	1,4619E-05	5,8475E-07
0303	Аммиак (Азота гидрид)	0,04	0,0204	0,0008
0304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	0,06	0,0171	0,0010
0316	Гидрохлорид (по молекуле HCl) (Водород хлорид)	0,02	1,0633E-05	2,1265E-07
0322	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,001	0,0005	5,2414E-07
0328	Углерод (Пигмент черный)	0,025	1,1495E-07	2,8737E-09
0330	Сера диоксид	0,05	8,6210E-08	4,3105E-09
0333	Дигидросульфид (Водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	0,002	0,0816	0,0002
0337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	3	1,8200E-08	5,4600E-08
0342	Фтористые газообразные соединения/в пересчете на фтор/: - гидроф	0,005	1,6174E-07	8,0868E-10
0349	Хлор	0,0002	0,0106	2,1172E-06
1071	Гидроксибензол	0,003	0,0423	0,0001
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,003	0,0453	0,0001

Как можно видеть из рис. 1-2 и табл. 3 значения максимальных разовых концентраций на территории ближайших к промышленному объекту жилых зон не превышают 0,2 ПДК. Такое значение получено для группы веществ 6004 с суммацией вредного действия, включающей аммиак, сероводород и формальдегид.

Среди специфических веществ, поступающих в атмосферный воздух от основного производственного оборудования, наибольшие значения разовых концентраций получены для сероводорода и суммации 6043 с его участием (0,12 ПДК). Для всех прочих веществ значение максимальных разовых концентраций в точках ближайших жилых зон менее 0,1 ПДК.

Полученные значения среднегодовых концентраций, выраженные в долях соответствующих среднегодовых ПДК, существенно ниже и не превышают 0,09 ПДК (табл. 4). Наибольшие среднегодовые концентрации получены веществ: дигидросульфид 0,08 ПДК - гидроксибензол – 0,042 ПДК и формальдегид – 0,045 ПДК.

Выводы

Таким образом, при условии функционирования в регламентном режиме работы с соблюдением установленных нормативов выбросов, реализуемые на исследуемом производственном объекте технологии позволяют обеспечивать надлежащее качество атмосферного воздуха в зоне воздействия его выбросов, включая прилегающую жилую застройку [6,7].

Список использованной литературы

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. Методы расчетов рассеивания вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе. Утв. Приказом Минприроды России от 06.06.2017 г.
3. Официальный сайт ООО «Фирма «Интеграл», [электронный ресурс]: <https://integral.ru/news/> [Дата обращения: 01.04.2025].
4. Бузало Г.А., Бузало Н.С., Коцур С.В., Никифоров А.А. Некоторые задачи оптимизации в проблеме загрязнения атмосферы промышленного региона // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, Новочеркасск, 2010. – № 6. – С. 107–110.
5. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 № 47734).
6. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Валиев В.С., Григорьева И.Г., Кузнецова О.Н. Разработка моделей прогноза концентраций примесей в приземном слое атмосферного воздуха на основании значимых метеорологических параметров // Вестник Технологического университета, 2016. – Т. 19. – № 22. – С. 179-181.
7. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г.Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (Сообщение 1) // Вестник Технологического университета, 2015. – Т. 18. - № 8. - С. 231-233.

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО
НАСЛЕДИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Акимов Артём Анатольевич, аспирант

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, г. Москва, e-mail: akimov.a.a2000@mail.ru*

***Аннотация.** В статье рассматриваются актуальные проблемы обеспечения безопасной эксплуатации объектов культурного наследия промышленного назначения с целью их современного приспособления. Особое внимание уделено инженерным аспектам оценки технического состояния, методам усиления конструкций и внедрению современных инженерных решений. Приводятся подходы к обеспечению эксплуатационной надежности зданий с сохранением их историко-архитектурной ценности. Анализируются современные цифровые технологии, применяемые в процессе адаптации, включая информационное моделирование и системы мониторинга. Отражены перспективные направления развития данной области на стыке охраны культурного наследия и техносферной безопасности.*

***Ключевые слова:** объекты культурного наследия, безопасность, современное приспособление, реконструкция, эксплуатация, подлинность.*

**CURRENT CHALLENGES AND PROSPECTS FOR THE SAFE USE OF
INDUSTRIAL HERITAGE SITES AS CULTURAL HERITAGE OBJECTS
FOR THEIR CONTEMPORARY ADAPTATION**

Akimov A.A.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Annotation. *The article examines current challenges in ensuring the safe operation of cultural heritage sites of industrial origin in the context of their contemporary adaptation. Particular attention is paid to the engineering aspects of structural condition assessment, reinforcement methods, and the integration of modern engineering systems. The study presents approaches to maintaining the operational reliability of buildings while preserving their historical and architectural value. It also analyzes the use of modern digital technologies in adaptation processes, including Building Information Modeling (BIM) and structural health monitoring systems. The article outlines promising directions for further development at the intersection of cultural heritage preservation and technosphere safety.*

Keywords: *cultural heritage sites, safety, adaptive reuse, reconstruction, operation, authenticity.*

Введение

Объекты культурного наследия (ОКН) промышленного назначения являются неотъемлемой частью современной городской инфраструктуры, обладающей историко-архитектурной ценностью. При этом большинство таких объектов находятся в эксплуатации более века, что приводит к значительному снижению их первоначально заявленных конструктивных характеристик. Это создаёт проблемы при интеграции данных объектов в современную городскую среду. Промышленные здания, утратившие первоначальное назначение, но сохранившие первоначальный (подлинный) облик, обладают высоким потенциалом для вторичного (повторного) использования – в качестве культурных центров, музеев, образовательных и общественных пространств [1].

Основные трудности связаны с обеспечением технической безопасности, приведением в соответствие с действующими градостроительными, строительными, пожарными нормами и правилами, а

также необходимостью адаптации конструктивных решений к новому функциональному назначению здания [2].

На практике реконструкция и повторное использование промышленных объектов всё ещё отсутствуют унифицированные подходы к обеспечению их безопасной и функциональной трансформации. В данной статье рассматриваются основные проблемы, возникающие при эксплуатации и переустройстве таких объектов, а также обозначаются направления их современного использования с позиций строительной безопасности и технической реализуемости.

Характеристика объектов культурного наследия промышленного назначения.

Объекты культурного наследия промышленного назначения представляют собой важную часть историко-архитектурного фонда, отражающую этапы индустриального развития общества. Согласно определению Международного комитета по сохранению индустриального наследия (англ. The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage — TICCIH), промышленное наследие включает в себя «остатки индустриальной культуры, к которым относятся здания и механизмы, мастерские, заводы и фабрики, шахты и площадки для обработки и переработки, склады и лавки, места, где производится, передается и используется электроэнергия, транспорт и инфраструктура [3].

Классификация объектов промышленного наследия может быть проведена по следующим признакам:

- функциональный признак (объекты промышленного назначения);
- хронологический признак (принадлежность к индустриальным периодам);
- отраслевая принадлежность (добывающая промышленность, обрабатывающая промышленность, энергетика)

Понимание классификации и особенностей объектов промышленного наследия необходимо для разработки эффективных стратегий их сохранения и адаптации к современным условиям. Это позволяет учитывать специфику каждого объекта при проведении реставрационных и реконструкционных работ, обеспечивая их безопасную эксплуатацию и интеграцию в современную городскую среду.

Проблемы безопасной эксплуатации и приспособления объектов культурного наследия промышленного назначения.

Безопасная эксплуатация объектов промышленного наследия представляет собой сложную инженерную задачу, требующую оценки не только текущего технического состояния конструкций, но и их адаптационных возможностей при смене функционального назначения. Рассматриваемые объекты были построены по устаревшим строительным нормам, с применением технологий и материалов, не соответствующих современным требованиям по прочности (несущей способности), долговечности и безопасности [4].

Одной из наиболее распространённых проблем является физический износ конструктивных элементов. Нарушения целостности кирпичной кладки, коррозия металлических конструкций, деформация несущих стен (например, отклонение от вертикали), трещинообразование в железобетонных элементах - всё это напрямую влияет на несущую способность здания. Кроме того, в зданиях зачастую отсутствуют инженерные системы, удовлетворяющие требованиям для современной эксплуатации (вентиляция, система водоотведения, система оповещения и управления эвакуацией, пожарная сигнализация и т.д.), подробнее см. таблицу 1.

**Сформулированные проблемы, возникающие при приспособлении
Объектов культурного наследия**

№ п/п	Выявленная проблема	Возможный вариант решения
1	Физический износ конструктивных элементов. <i>Пример: Чрезмерное поражение коррозией несущих металлических элементов и уменьшение рабочего сечения.</i>	Установка дублирующих несущих элементов, что приведёт к выключению из расчётной схемы пораженных конструкций. Применение данного решение наиболее допустимо при применении металлических конструкций.
2	Существующие инженерные системы не рассчитаны под современные объёмы использования. <i>Пример: Системы водоотведения и водоснабжения в производственных зданиях рассчитаны под малое количество пользователей. Например ГЭС-2 (г. Москва, Болотная наб., д. 15) в настоящее время является общественным пространством со значительным количеством посетителей (количество пользователей зданием значительно возрос).</i>	Необходимо проведение работ по реконструкции инженерных систем, прокладка дополнительных трассировок систем.
3	Деформации и отклонения от вертикали.	Стягивание вертикальных элементов металлическими тяжами. Поэтапная разгрузка и выравнивание с помощью домкратов.

Проектные ограничения усиливаются архитектурной и исторической ценностью объектов. Важно сохранить подлинность фасадов, оригинальных элементов отделки, структуру конструкций, признанных охраняемыми. Необходимо формировать компромисс между сохранением исторического облика и обеспечением эксплуатационной надёжности [5].

Перспективы развития и инженерные подходы к современному приспособлению.

Современное приспособление объектов культурного наследия промышленного назначения требует комплексного инженерного подхода, позволяющего обеспечить как безопасность эксплуатации, так и сохранение

конструктивных и историко-архитектурных особенностей зданий (сохранение подлинности).

1. Укрепление конструкций.

В современных проектах широко применяются методы локального усиления несущих элементов. Например, для кирпичных или бутовых стен используется инъекционное укрепление, позволяющее повысить прочность без изменения внешнего облика. Для металлических конструкций применяют методы антикоррозийной обработки с последующим армированием или дублированием элементов, что обеспечивает восстановление утраченных характеристик (подробнее см. рис. 1).



Рис. 1. Пример укрепления вертикальных несущих конструкций (кирпичная кладка)

2. Интеграция новых инженерных систем.

При приспособлении объектов необходимо модернизировать инженерные сети с учётом современных нормативных требований. Это включает в себя установку энергоэффективных систем отопления, вентиляции и кондиционирования, обновление электроснабжения и водопроводных систем (подробнее см. рис. 2).

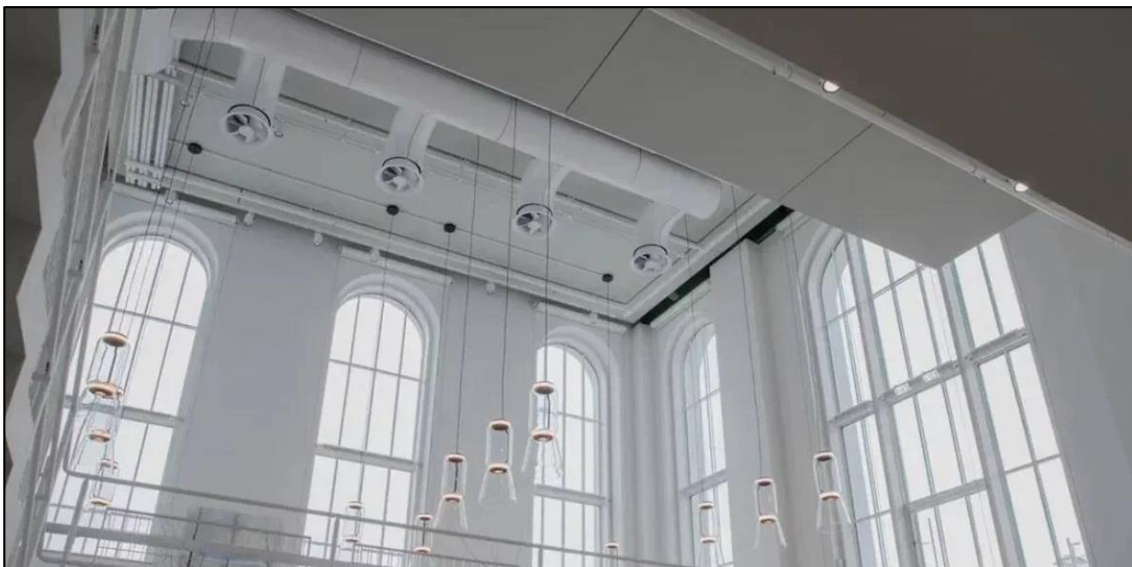


Рис. 2. Пример устройства современной системы вентиляции в пространстве ГЭС-2.

3. Цифровые технологии в проектировании.

Применение информационного моделирования (BIM) позволяет проводить детальную оценку технического состояния объектов и моделировать воздействие нагрузок в условиях реконструкции. Такой подход способствует точному определению слабых мест и позволяет оптимизировать решения по укреплению конструкций с учётом специфики каждого объекта (подробнее см. рис. 3).

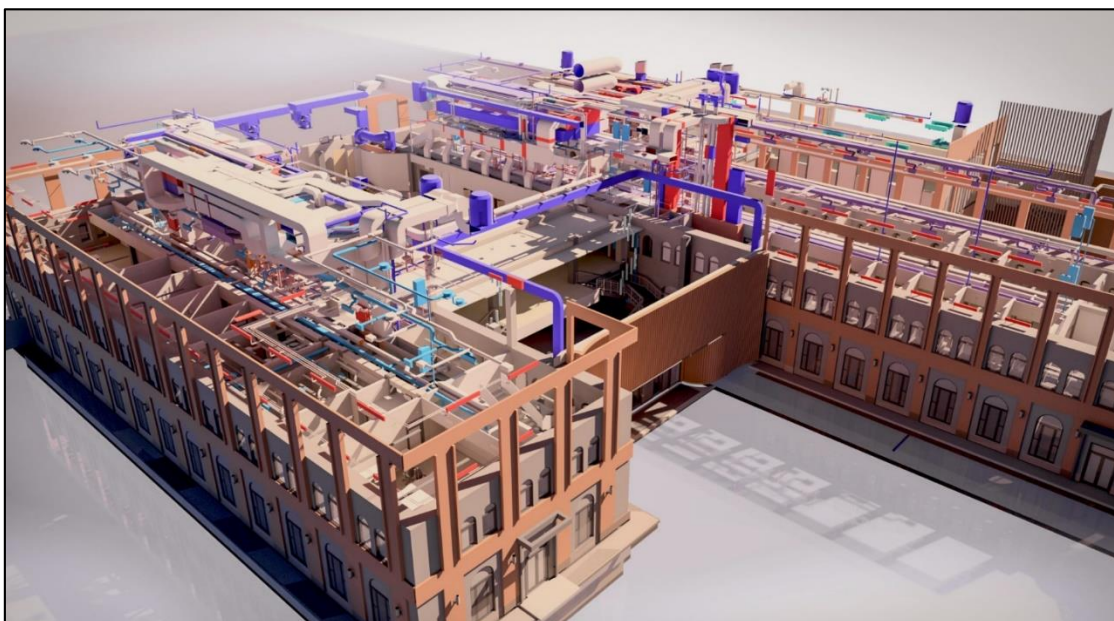


Рис. 3. Применение BIM-технологий при проведении реконструкции Объекта культурного наследия промышленного назначения

4. Мониторинг состояния и управление рисками.

Установка датчиков и систем дистанционного мониторинга позволяет в реальном времени отслеживать деформации и другие критические параметры конструкций. Это становится важной составляющей в обеспечении безопасности эксплуатации, позволяя оперативно корректировать меры по укреплению и адаптации здания.

Таким образом, перспективы развития приспособления объектов культурного наследия промышленного назначения связаны с интеграцией современных инженерных технологий и цифровых решений. Такой комплексный подход обеспечивает сохранение исторической ценности объектов при их адаптации под новые функциональные назначения и повышении эксплуатационной надёжности.

Выводы

Проблема приспособления объектов культурного наследия (ОКН) промышленного назначения к современным условиям представляет собой сложную, но решаемую задачу. Были выявлены ключевые технические ограничения, среди которых особую значимость имеют деформации конструкций, физический износ материалов и несоответствие действующим нормам безопасности.

Для преодоления этих ограничений предложен комплекс инженерных решений, включающий:

- **усиление фундаментов и несущих конструкций** с применением инъектирования и композитных материалов;
- **интеграцию современных инженерных систем** без нарушения исторического облика;
- **использование цифровых технологий** (BIM, мониторинг деформаций) для точной диагностики и прогнозирования рисков.

Важным аспектом остается **сохранение подлинности ОКН**, что требует разработки гибких нормативных документов и индивидуальных

проектных решений для каждого объекта. Перспективным направлением является дальнейшее внедрение инновационных материалов и методов, таких как 3D-сканирование.

Таким образом, успешное приспособление ОКН возможно только при условии сбалансированного сочетания традиционных реставрационных практик и современных технологий, что позволит не только сохранить историческое наследие, но и интегрировать его в актуальную урбанистическую среду.

Список использованной литературы

1. Кокунько И. Н., Леонова М. Ю., Буровок С. В. Совершенствование систем обеспечения безопасности эксплуатируемых зданий объектов культурного наследия // Перспективные технологии в строительстве и техносферной безопасности: сб. науч. тр. – Шахты: Ин-т сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Дон. гос. техн. ун-та, 2020. – С. 31-35.
2. Цупренко Д. В., Кетова Е. В. Проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов культурного наследия // Качество. Технологии. Инновации: материалы VII междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2024. – С. 365-372.
3. Zapariy V., Lichman B., Zaitseva E., Lakhtionova E., Vasina I. The activities for the conservation of the industrial heritage in Russia and in Ural region // 6th SWS International Scientific Conference on Arts and Humanities 2019: proceedings. – 2019. – P. 45–52.
4. Комарова Т. П. // Актуальные вопросы современных научных исследований: материалы Междунар. (заоч.) науч.-практ. конф. / под общ. ред. А. И. Вострецова. – 2019. – С. 40-43.
5. Юзбашян А. Ю. Проблемы проектов реставрации объектов культурного наследия // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14. – № 6.

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ОПТИМИЗАЦИИ РЕСУРСОВ И СНИЖЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Сорокина Екатерина Александровна, студент,

Алексеева Анна Александровна, канд. техн. наук, доцент,

Степанова Светлана Владимировна, д-р техн. наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет», г. Казань, e-mail: annank90@mail.ru*

Аннотация. Цифровые двойники (ЦД) становятся важным инструментом цифровой трансформации промышленности, строительства, обеспечивая синхронизацию физических процессов с их виртуальными моделями в режиме реального времени. В статье рассматриваются примеры внедрения ЦД, их влияние на снижение техносферной нагрузки и повышение эффективности использования ресурсов.

Ключевые слова: цифровые двойники, цифровая трансформация, устойчивое развитие, снижение техносферной нагрузки, энергоэффективность.

THE ROLE OF DIGITAL TWINS IN OPTIMISING RESOURCES AND REDUCING ENVIRONMENTAL PRESSURES

Sorokina E.A., Alekseeva A.A., Stepanova S.V.

Kazan National Research Technological University, Kazan

Annotation. Digital twins are becoming an important tool for digital transformation of industry, construction, and construction, providing real-time synchronisation of physical processes with their virtual models. The article discusses examples of the implementation of DDs, their impact on reducing the technospheric load and increasing the efficiency of resource utilisation.

Key words: *digital twins, digital transformation, sustainable development, technosphere load reduction, energy efficiency.*

Введение

Цифровая трансформация промышленности основана на внедрении киберфизических систем, включая цифровые двойники (ЦД), искусственный интеллект, большие данные и машинное обучение, что позволяет создавать конкурентоспособную продукцию нового поколения. Цифровые двойники представляют собой цифровые аналоги реальных систем и процессов, синхронизированные с их физическими оригиналами в режиме реального времени, позволяя значительно сократить энергопотребление. Они открывают новые возможности для получения достоверных данных потребления энергии и ресурсов и их последующего анализа, что может способствовать снижению нагрузки на окружающую среду. Анализ эффектов внедрения ЦД для снижения техносферной нагрузки промышленности на окружающую среду (ОС) является актуальной задачей, однако для их широкого внедрения и масштабного необходимо решение ряда технологических и организационных вызовов [1].

На сегодняшний день известно о внедрении ЦД в различных областях промышленности. Приведем несколько примеров.

1. Компания «Политех-Инжиниринг» (СПбПУ) совместно с НПО «Центротех» (ТВЭЛ, Росатом) разработала ЦД (DT-1) вибросита для очистки бурового раствора. Исходная конструкция разрушалась при ускорении 7g, что требовало доработки. С помощью ЦД и платформы CML-Benc за два месяца было сгенерировано 300 конструктивных вариантов, а за пять месяцев создана новая конструкция с перегрузкой 8,8 г, превзошедшая зарубежные аналоги. Это позволило сократить натурные испытания, снизить затраты на производство, уменьшить массу изделия, что, в свою очередь, значительно снижает расход материалов и энергоресурсов [2].

2. В агропромышленном комплексе в Нидерландах ЦД оптимизируют использование азотных удобрений, снижая загрязнение почвы и воды нитратами. Система поддерживает урожайность и приводит в среднем к 15%-ному сокращению использования азота [3].

3. В России с 2022 года реализуется проект создания цифровых двойников полигонов ТКО с использованием беспилотных летательных аппаратов и лазерного сканирования. Под руководством Минприроды России и ППК «Российский экологический оператор» (РЭО) уже изучено 600 полигонов и построено 753 цифровых модели, а к концу 2024 года их число достигнет 997. Проект позволяет оценить остаточную вместимость, прогнозировать дефицит мощностей, выявлять нарушения эксплуатации (обвалы, выход фильтрата, возгорания), а также контролировать выбросы вредных веществ с помощью тепловизоров и газоанализаторов. Все данные загружаются в информационную систему мониторинга, что обеспечивает прозрачность обращения с отходами и помогает оптимизировать работу полигонов, снижая экологическую нагрузку [4].

4. ЦД активно внедряются в сельском хозяйстве для оптимизации земледелия, животноводства и контролируемых фермерских систем. Они разрабатываются научными центрами, такими как Университет природных ресурсов и наук о жизни и Университет Вагенингена, а также агротехническими компаниями. ЦД используют данные с датчиков Интернета вещей, машинное обучение и моделирование для прогнозирования урожайности, оптимизации водопользования, управления условиями содержания животных и контроля выбросов. Это способствует снижению выбросов парниковых газов, уменьшению потребления ресурсов, сокращению отходов и повышению устойчивости сельскохозяйственного сектора к изменению климата [5].

5. ЦД в строительстве, в виде DTP (Digital Twin Prototype), DTI (Digital Twin Instance), DTA (Digital Twin Aggregate), нашли широкое применение.

Например, в проекте реконструкции очистных сооружений «Тонкий мыс» в Геленджике с использованием платформы «UMNOGOR», а также в платформе «ЦУС», агрегирующей данные проектирования и строительства. ЦД объединяют информацию об объекте, от проектных чертежей до эксплуатационных параметров, что позволяет моделировать и оптимизировать строительные и инженерные процессы [6]. Примеры реализации модели ЦД и его интерфейса представлены на рисунках 1 и 2.



Рис. 1. Модель очистных сооружений

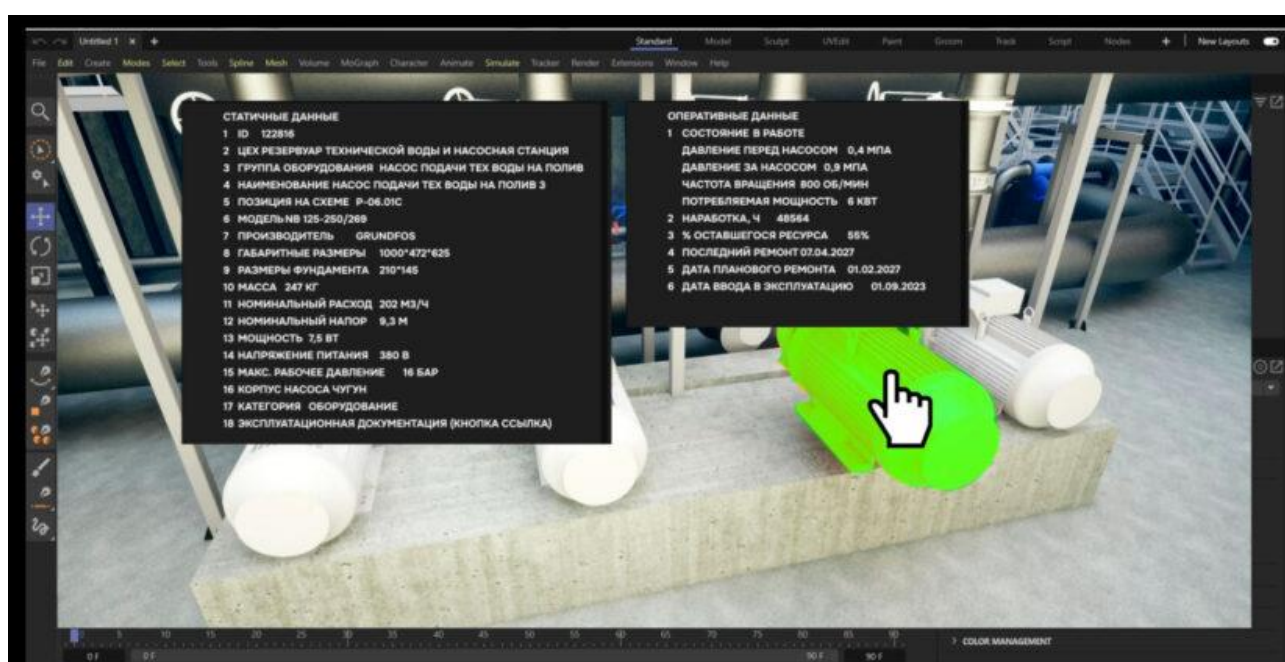


Рис. 2. Цифровой двойник объекта синхронизирован с реальной жизнью

На рисунке 1 представлена технологическая модель в реальном времени, а рисунок 2 – текущие параметры работы насоса: давление воды, температура, расход и т.д.

В данном случае нагрузка на окружающую среду снижается за счет точного планирования расхода материалов, сокращения строительных отходов, оптимизации энергопотребления и сокращения выбросов. Кроме того, цифровые модели позволяют прогнозировать поломки и ускорять ремонт, предотвращая аварии и снижая эксплуатационные издержки.

Количество подобных примеров внедрения ЦД, сопровождающихся снижением техногенной нагрузки, с каждым годом увеличивается, поскольку развитие технологий и снижение затрат на их внедрение помогают компаниям эффективнее сокращать ресурсо- и энергопотребление и минимизировать техносферное воздействие.

В целом в производственных процессах ЦД позволяют сократить потребление энергии за счет более точного управления процессами и прогнозирования. Несмотря на очевидные преимущества, существует ряд значительных ограничений внедрения ЦД. В первую очередь, это высокая стоимость разработки, сложность интеграции с устаревшей инфраструктурой и отсутствие унифицированных стандартов сбора данных. Дополнительно процесс усложняет нехватка методик для объективной оценки их экономического и экологического эффекта. Разработка универсальных моделей ЦД или, так называемые «зеленые» цифровые двойники, позволят предприятиям оперативно адаптировать технологии к новым экологическим требованиям и динамическим изменениям рынка, за счет быстрого моделирования и апробирования изменений технологического процесса в виртуальной системе [7].

Выводы. Внедрение ЦД в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и управлении отходами уже демонстрирует значительное снижение техносферной нагрузки за счет оптимизации использования

ресурсов, сокращения выбросов вредных веществ и повышения энергоэффективности процессов. Примеры успешных внедрений показывают, что ЦД позволяют минимизировать экологический след за счет моделирования и прогнозирования, что особенно важно в условиях глобального тренда на декарбонизацию и устойчивое развитие.

Однако, несмотря на преимущества, масштабное распространение ЦД сдерживается высокой стоимостью разработки, сложностью интеграции в устаревшие системы и отсутствием единых стандартов оценки их экологического эффекта. Для преодоления этих барьеров рекомендуется развитие универсальных методик оценки эффекта ЦД, а также создание единых отраслевых стандартов интеграции и работы с данными.

Список использованной литературы

1. Шинкевич, А. И. Использование цифровых двойников для экологизации химической промышленности / А. И. Шинкевич, А. Р. Касимова, А. А. Алексеева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2023. – Т. 25, № 4(114). – С. 87-94.
2. Цифровые двойники в нефтегазовом машиностроении [Электронный ресурс]: <https://nticenter.spbstu.ru/news/7382?utm> [Дата обращения: 12.02.2025].
3. Knibbe W. J. et al. Digital twins in the green life sciences //NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences. – 2022. – Т. 94. – №. 1. – С. 249-279.
4. Министерство экологии и природных ресурсов Нижегородской области. - До конца этого года будет создано 244 цифровых двойника объектов размещения ТКО [Электронный ресурс]: <https://eco.nobl.ru/presscenter/news/90060/> [Дата обращения: 12.02.2025].
5. Purcell W., Neubauer T., Mallinger K. Digital Twins in agriculture: Challenges and opportunities for environmental sustainability //Current Opinion in Environmental Sustainability. – 2023. – Т. 61. – С. 101252.
6. Цифровой двойник объекта в строительстве: как это работает в России [Электронный ресурс]: <https://academy.tsus.ru/czifrovoj-dvojn timer-obekta-v-stroitelstve-kak-eto-rabotaet-v-rossii/> [Дата обращения: 12.02.2025].

7. Deuse J. et al. Green digital twins in the product life cycle //Schriftenreihe der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Arbeits-und Betriebsorganisation (WGAB) eV, How can industrial management contribute to a brighter future?. – GITO Verlag, 2023. – С. 167-186.

УДК 628.4:661.183.12

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ТЕТРАЦЕНА ИЗ «TAR-PRODUCT» ДЛЯ СИНТЕЗА АМФОТЕРНЫХ ИОНИТОВ

*Драбкова Татьяна Владимировна, ассистент,
Турабджанов Садриддин Махаматдинович, д-р, техн. наук., профессор,
академик АН РУз*

*Абдуталипова Нелля Мударисовна, д-р, техн. наук, доцент
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, e-mail: tatyana111183@mail.ru*

Аннотация. В исследовании предложен метод утилизации «Tar-product» для синтеза амфолитов, применяемых в очистке сточных вод. Основной акцент сделан на выделении тетрацена, (ПАУ) в качестве ключевого мономера. Тетрацен получен из фракций «Tar-product» методом фракционной перегонки при 390–400°C и кристаллизации. Исследование демонстрирует возможность использования тетрацена в качестве сырья для синтеза ионитов, способствуя развитию экологически безопасных технологий утилизации отходов.

Ключевые слова: «Tar-product», фракционная перегонка, полициклические ароматические углеводороды, тетрацен, амфолиты, экологическая утилизация.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR THE ISOLATION OF TETRACENE FROM «TAR-PRODUCT» FOR THE SYNTHESIS OF AMPHOTERIC IONITES

Drabkova T. V., Turabdzhanov S.M., Abdutalipova N. M.

Abstract. *This study proposes a method for the utilization of "Tar-product" for the synthesis of ampholytes used in wastewater treatment. The primary focus is on the isolation of tetracene, a polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH), as a key monomer. Tetracene was obtained from the fractions of "Tar-product" through fractional distillation at 390–400°C and subsequent crystallization. The research demonstrates the potential of using tetracene as a raw material for the synthesis of ion-exchange resins, thereby contributing to the development of environmentally safe waste utilization technologies.*

Keywords: *«Tar-product», fractional distillation, polycyclic aromatic hydrocarbons, tetracene, ampholytes, environmental utilization.*

Введение

Современные методы очистки сточных вод требуют разработки новых материалов, обладающих высокой эффективностью и экономической целесообразностью. Традиционные ионообменные смолы часто основаны на дорогостоящих и дефицитных материалах, что стимулирует поиск альтернативных источников сырья. Одним из перспективных направлений является использование органических отходов, таких как «Tar-product», образующийся в процессе пиролиза углеводородов [1].

«Tar-product» представляет собой смолистый остаток черного цвета, хрупкий, образующийся в процессе пиролиза углеводородного сырья на предприятии СП ООО «Uz-Kor Gas Chemical» [2]. Он является сложной смесью углеводородов, включая моно-, би-, три- и полициклические ароматические соединения, а также смолы и асфальтены [3,4]. Температура плавления «тар-продукта» 60-70°C, а температура кипения 270-280°C. Смола хорошо растворяется в ароматических и хлорорганических растворителях.

В данной работе представлена методика выделения тетрацена (ПАУ) из «тар-продукта» и его применение в качестве основного мономера для синтеза ионитов. Перегонка «тар-продукта» представляет собой сложный

термохимический процесс, который был проведен в контролируемых условиях для получения различных фракций с заданными свойствами.

Изначально каменноугольный «тар-продукт» измельчается в щековой дробилке до размера частиц не более 1.0 мм. Измельченная масса просеивается через сито с ячейками 1.0 мм для удаления пылевой фракции. Просеянный материал помещается в сушильный шкаф при температуре $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ на 24 часа для удаления влаги.

Перегонка проводится в вакуумной установке с установленным диапазоном давления 0.5–1.0 кПа, что контролируется с помощью вакуумметра. Измельченный и высушенный «тар-продукт» помещается в перегонный куб, после чего начинается нагрев с постоянной скоростью 5°C в минуту. В температурном диапазоне $390\text{--}400^\circ\text{C}$ происходит выделение целевой фракции, состоящей из тетрацена и его гомологов. Полученная фракция обрабатывается 10% раствором гидроксида натрия в соотношении 1:3 по массе. Перемешивание осуществляется в течение одного часа для достижения максимальной экстракции примесей. После обработки фракция промывается дистиллированной водой до достижения нейтрального pH. Очищенная фракция сушится над безводным сульфатом натрия в эксикаторе на протяжении 12 часов для удаления оставшейся влаги. Очищенная фракция растворяется в толуоле в соотношении 1:5 по массе при температуре 80°C .

Полученный горячий раствор фильтруется через стеклянный фильтр (G4) для удаления нерастворимых примесей. После фильтрации раствор охлаждается до 5°C со скоростью 1°C в минуту, что способствует образованию кристаллов тетрацена. Кристаллы отделяются с помощью центрифугирования при 4000 об/мин в течение 15 минут. На финальном этапе кристаллы промываются гексаном дважды по 50 мл для удаления остатков растворителя и примесей. Выход тетрацена и его гомологов составляет 8.9% от массы исходного тар-продукта.

Предложенная методика позволяет получить тетрацен (чистота до 92-95%) из каменноугольного «тар-продукта», что может быть использовано в дальнейших научных исследованиях и приложениях. Все этапы процесса контролируются для обеспечения высокой степени чистоты конечного продукта.

Процентный состав полученных фракций представлен в таблице 1, где отражены объёмные доли каждой фракции. Этот состав является ключевым результатом процесса пиролиза, так как он определяет потенциальное применение и экономическую ценность полученных продуктов.

Таблица 1

Результаты вакуумной фракционной перегонки «тар-продукта»

№	Фракция	Температура, °С,	Содержание, %	Погрешность, г
1	Лёгкая фракция	290–310	5.13	±0.72
2	Средняя фракция	335–345	67.84	±3.05
3	Тяжёлая фракция	390–400	8.9	±21.0
4	Кубовый остаток	≥400	13.2	±49.0
5	Потери	—	3.0	±7.0

Определено, что в «тар-продукте» присутствуют различные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и их гомологи, включая фенантрен, антрацен и тетрацен. Основная часть ПАУ сосредоточена в средней и тяжелой фракциях. Тетрацен и его гомологи составляют 8.9% от общей массы «тар-продукта» и выделяются в тяжелой фракции при температуре 390–400°С. Это указывает на то, что тетрацен является значительной составляющей в данной фракции и может быть эффективно выделен для дальнейшего использования в синтезе амфотерных ионитов.

ИК-спектр предоставляет информацию о молекулярных колебаниях, которые могут быть использованы для определения наличия тетрацена в

образце. Тетрацен, как полициклический ароматический углеводород, имеет несколько характерных полос поглощения в ИК-спектре: 3000-3100 см^{-1} : Валентные колебания С-Н связей в ароматических кольцах. 1500-1600 см^{-1} : Скелетные колебания углерод-углеродных связей в ароматических кольцах. 700-900 см^{-1} : Деформационные колебания С-Н связей в ароматических кольцах.

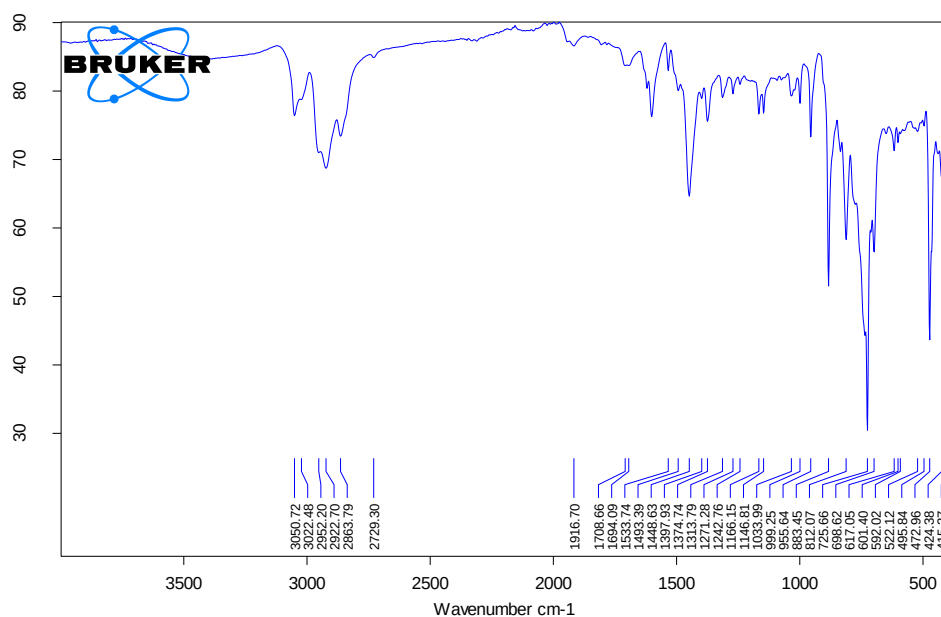
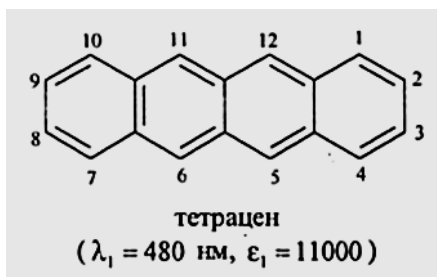


Рис.1. ИК-спектр тетраценовой фракции, выделенной из «тар-продукта»

На представленном ИК-спектре можно наблюдать следующие особенности: 3000-3100 см^{-1} : на спектре наблюдаются слабые полосы в этой области, что указывает на наличие ароматических С-Н связей. Это характерно для тетрацена. 1500-1600 см^{-1} : в этой области спектра наблюдаются отчетливые полосы, что подтверждает наличие ароматических колец. Это также характерно для тетрацена. 700-900 см^{-1} : на спектре наблюдаются слабые полосы в этой области, что может указывать на деформационные колебания С-Н связей в ароматических кольцах. Это также соответствует тетрацену.

На основании анализа ИК-спектра можно сделать следующие выводы: наличие характерных полос в области 3000-3100 см^{-1} и 1500-1600 см^{-1} , а также слабых полос в области 700-900 см^{-1} указывает на присутствие

тетрацена в образце. Тетрацен является одним из основных ПАУ, которые можно идентифицировать по этим полосам.



Таким образом, ИК-спектр тетраценовой фракции является неотъемлемой частью аналитического процесса, обеспечивая надежную идентификацию и оценку качества, выделенного тетрацена, что в конечном итоге способствует эффективному использованию этого соединения в синтезе амфотерных ионитов для очистки сточных вод.

Выводы

Исследование показало, что «тар-продукт» является перспективным сырьем для синтеза ионитов, используемых в очистке сточных вод. Это открывает новые возможности для утилизации отходов пиролиза, что имеет как экономические, так и экологические преимущества. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию процесса синтеза и улучшение характеристик ионитов.

Список использованной литературы

1. М.А. Ахмадалиев, И.И. Шарофиддинов / Изучение образования тяжёлых смолистых тар-продуктов при пиролизе углеводородного сырья Устюртского газоконденсата // *Universum: технические науки: научный журнал*. – № 5 (86). – Ч. 4. – С. 20–24.
2. Кодиров О.Ш., Мирзакулов Х.Ч., Бердиев Х.У, Шарипова В.В. / Исследование химического состава пироCONDENSАТА пиролизного производства // *Universum: технические науки*. 2018 – 9 (54). – С. 59–64.
3. Официальный сайт СП ООО «Uz-Kor Gas Chemical». [Электронный ресурс]. 2018. Режим доступа: <http://www.uzkor.com/index.php/ru/deyatelnost>

4. Исакулова М.Ш. / Химический состав и применение тар продукта образующейся при пиролизе углеводородов // “Экономика и социум”.– 2022 – №9(100). – С. 367– 370.

5. Кодиров О.Ш., Мирзакулов Х.Ч., Бердиев Х.У., Шарипова В.В. / Исследование химического состава пироконденсата пиролизного производства // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. – 2018. – № 9(54). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6383>

УДК 504.03

Радиоактивное загрязнение окружающей среды

Мухаметшина Румия Мугаллимовна, канд. хим. наук, доцент,

Каминский Эдгар Вадимович, студент

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, e-mail: kaminskii543@gmail.ru

Аннотация. Радиоактивное загрязнение окружающей среды, обусловленное природными процессами и человеческой деятельностью, такими как ядерные испытания, аварии на АЭС и использование радиоактивных веществ, представляет глобальную проблему, требующую анализа источников, механизмов распространения и разработки эффективных мер по снижению его воздействия на экосистемы и здоровье человека.

Ключевые слова. Радиоактивное загрязнение, окружающая среда, ионизирующее излучение, атомная энергетика, ядерные испытания, аварии на АЭС, экосистемы, здоровье человека.

Radioactive contamination of the environment

Mukhametshina R.M., Kaminskii E.V.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Annotation. *Radioactive environmental pollution caused by natural processes and human activities, such as nuclear tests, accidents at nuclear power plants and the use of radioactive substances, is a global problem that requires an analysis of sources, distribution mechanisms and the development of effective measures to reduce its impact on ecosystems and human health.*

Keywords: *Radioactive pollution, environment, ionizing radiation, nuclear energy, nuclear tests, accidents at nuclear power plants, ecosystems, human health.*

Введение. Современный мир сталкивается с множеством экологических вызовов, среди которых радиоактивное загрязнение окружающей среды занимает особое место. Этот вид загрязнения, связанный с распространением радиоактивных веществ в природе, представляет собой одну из наиболее серьезных угроз для экосистем, здоровья человека и устойчивого развития планеты. Радиоактивное загрязнение возникает как следствие естественных процессов, таких как распад радиоактивных элементов в земной коре, так и антропогенной деятельности, включая ядерные испытания, эксплуатацию атомных электростанций, аварии на ядерных объектах и неправильное обращение с радиоактивными отходами. Его уникальность заключается в длительном воздействии на окружающую среду и способности наносить ущерб на генетическом уровне, что делает проблему актуальной для настоящего и будущих поколений.

История человечества знает немало примеров, когда радиоактивное загрязнение приводило к катастрофическим последствиям. Авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году и катастрофа на АЭС Фукусима-1 в 2011 году стали символами того, как хрупок баланс между использованием ядерной энергии и сохранением экологической безопасности. Эти события не только обнажили уязвимость технологических систем, но и подчеркнули необходимость глубокого изучения процессов, связанных с

распространением радионуклидов в природе, их накоплением в почве, воде и живых организмах, а также долгосрочными последствиями для биосферы. В то же время, радиоактивное загрязнение не ограничивается крупными авариями — оно может быть результатом повседневной деятельности, такой как добыча урановых руд, медицинское использование изотопов или недостаточная утилизация радиоактивных материалов.

1. Источники радиоактивного загрязнения

Радиоактивное загрязнение окружающей среды имеет как естественные, так и техногенные источники. К естественным относятся радиоактивные элементы, такие как уран-238, торий-232 и калий-40, которые присутствуют в земной коре и выделяют радиацию в процессе естественного распада. Эти процессы происходят на протяжении миллиардов лет и вносят базовый уровень радиации, известный как естественный радиационный фон. Однако его вклад в загрязнение относительно невелик по сравнению с антропогенными факторами.

Техногенные источники радиоактивного загрязнения связаны с деятельностью человека. Основными из них являются ядерные испытания, проведенные в XX веке, эксплуатация атомных электростанций, а также аварии на ядерных объектах. Например, в период с 1945 по 1980 годы было проведено более 2000 ядерных испытаний, что привело к выбросу в атмосферу значительных количеств радионуклидов, таких как цезий-137 и стронций-90 [1]. Кроме того, добыча и переработка урановых руд, а также неправильное хранение радиоактивных отходов усугубляют ситуацию. Аварии, такие как Чернобыль и Фукусима, показали, как быстро радиоактивные вещества могут распространяться на большие расстояния, загрязняя почву, воду и воздух [2].

2. Механизмы распространения радионуклидов

Радиоактивные вещества обладают способностью мигрировать через различные компоненты окружающей среды. После выброса в атмосферу

радионуклиды могут оседать на поверхность земли в виде сухих или влажных осадков, что особенно характерно для таких элементов, как йод-131 и цезий-137. Ветер и осадки способствуют их транспортировке на сотни и тысячи километров от источника загрязнения. Например, после аварии на Чернобыльской АЭС радиоактивные частицы были зафиксированы даже в Западной Европе и Северной Америке.

Водные системы также играют ключевую роль в распространении радиации. Радионуклиды, попадая в реки, озера и грунтовые воды, могут накапливаться в донных отложениях и проникать в пищевые цепи через водные организмы. Стронций-90, химически схожий с кальцием, легко усваивается растениями и животными, что приводит к его концентрации в костных тканях млекопитающих, включая человека [3]. Почва, в свою очередь, становится долговременным резервуаром радиации, так как такие элементы, как плутоний-239, имеют период полураспада в десятки тысяч лет, сохраняя опасность на протяжении многих поколений.

3. Последствия радиоактивного загрязнения

Воздействие радиоактивного загрязнения на окружающую среду и человека многогранно. На уровне экосистем радиация нарушает биологическое равновесие, вызывая мутации у растений и животных, снижение биоразнообразия и деградацию почв. Например, в зоне отчуждения Чернобыля до сих пор наблюдаются аномалии в популяциях диких животных, такие как повышенная частота генетических дефектов. Кроме того, радиоактивные осадки снижают продуктивность сельскохозяйственных угодий, делая их непригодными для использования.

Для человека радиация представляет прямую угрозу здоровью. Ионизирующее излучение повреждает ДНК клеток, что может привести к развитию рака, лейкемии и наследственных заболеваний. После аварии на Фукусиме исследования показали рост заболеваемости щитовидной железой среди детей, что связывают с воздействием йода-131 [4]. Долгосрочные

последствия включают также психологический стресс и социальные проблемы, такие как вынужденное переселение населения из загрязненных зон.

4. Методы контроля и минимизации рисков

Борьба с радиоактивным загрязнением требует комплексного подхода. Современные методы включают мониторинг радиационного фона с помощью дозиметров и спутниковых систем, а также разработку технологий для очистки загрязненных территорий [5]. Например, фиторемедиация — использование растений, способных накапливать радионуклиды, — активно исследуется как экологически безопасный способ восстановления почв [4]. В то же время, строгий контроль за эксплуатацией ядерных объектов и утилизацией отходов остается ключевым фактором предотвращения новых инцидентов [5].

Международное сотрудничество также играет важную роль. Конвенции, такие как Договор о нераспространении ядерного оружия и стандарты МАГАТЭ, направлены на снижение рисков, связанных с ядерной деятельностью. Однако несмотря на прогресс, остаются вызовы, связанные с финансированием и внедрением технологий в развивающихся странах.

Выводы. Радиоактивное загрязнение окружающей среды остается одной из наиболее сложных и многогранных экологических проблем современности. Проведенный анализ показывает, что его источниками являются как естественные процессы, так и антропогенная деятельность, среди которой особую роль играют ядерные испытания, аварии на атомных объектах и несовершенство технологий утилизации радиоактивных отходов. Механизмы распространения радионуклидов через атмосферу, гидросферу и почву обуславливает возможность проникновения в экосистемы и накопления в биологических цепях, что усиливает масштабы радиоактивных загрязнений окружающей среды. Последствия такого загрязнения проявляются в деградации природных систем, снижении

биоразнообразия и серьезных рисках для здоровья человека, включая онкологические заболевания и генетические нарушения.

Только комплексное развитие экологических технологий позволит минимизировать риски и обеспечить устойчивое будущее при растущем использовании атомной энергии. Общественный контроль и согласование долгосрочных программ с местными сообществами, наряду с прозрачностью на всех этапах — от проектирования до обращения с отходами, — укрепят доверие и помогут вовремя выявлять угрозы. Внедрение замкнутого топливного цикла, малых модульных реакторов и глубокой переработки отходов дополнит экологический мониторинг и международные аудиты, делая атомную энергетику безопаснее и приемлемее для общества.

Список используемой литературы

1. Папова Е.В., Смирнов И.Д. Радиоэкологическая оценка территорий, подвергшихся аварийным выбросам / Е.В. Папова, И.Д. Смирнов. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2015. – 192 с.
2. Ковалёв А.Н. Миграция радионуклидов в почвенно-растительной системе // Вопросы радиобиологии и радиационной безопасности. – 2017. – Т. 8. – № 3. – С. 12–19.
3. Борисова Л.Г., Иванов В.П., Сидоренко Т.Н. Пути и механизмы переноса цезия-137 в водных экосистемах // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2014. – № 6. – С. 67–74.
4. Фёдоров Ю.С., Петрова А.А. Инжиниринговые методы очистки загрязнённых почв от радионуклидов: материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции (Казань, 2019) / Ю.С. Фёдоров, А.А. Петрова. – Казань: КазГАСУ, 2019. – С. 95–102.
5. Соколов В.П., Кузнецова Е.И. Долгосрочные последствия аварии на Фукусиме: итоги исследований 2011–2020 гг. // Экология человека. – 2021. – Т. 27. – № 4. – С. 45–53.

ПРОБЛЕМА СОСТОЯНИЯ РЕКИ КАМА И МЕРЫ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ЕЁ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Шарафутдинова Анастасия Валерьевна, канд. техн. наук,

Нигматуллин Руслан Ильдарович, студент,

Сулайманов Камиль Арсланович, студент

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный
университет», г. Казань, e-mail: shar.fik@yandex.ru*

Аннотация: *В статье проанализировано состояние реки Кама на Территории РТ. Приведены примеры основных загрязнений. Рассмотрены мероприятия по улучшению качества водных ресурсов.*

Ключевые слова: *водные ресурсы, водный кризис, сохранение, водоохранная зона, река Кама.*

THE PROBLEM OF THE STATE OF THE KAMA RIVER AND MEASURES TO IMPROVE QUALITY OF ITS WATER RESOURCES

Sharafutdinova A.V., Nigmatullin R.I., Sulaymanov K.A.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Annotation. *The article analyzes the state of the Kama River in the Territory of the Republic of Tatarstan. Examples of major pollution are given. Measures to improve the quality of water resources are considered.*

Keywords. *water resources, water crisis, conservation, water protection zone.*

Введение

«Вода есть самый важный минерал на Земле, без которого невозможно существование жизни в любых её проявлениях» — эти слова Владимира Ивановича Вернадского как никогда актуальны сегодня.

Вода — основа жизни на нашей планете, но её ресурсы сегодня находятся под угрозой. По данным ООН, более 2 миллиардов человек в мире

не имеют доступа к чистой питьевой воде, а загрязнение водных объектов достигло критического уровня. Мировой океан, реки и озёра ежегодно принимают миллионы тонн отходов — от пластика до токсичных промышленных сбросов. Эта проблема касается каждого: загрязнённые водоёмы разрушают экосистемы, угрожают здоровью людей и ставят под вопрос устойчивое будущее следующих поколений [1].

Россия, обладая огромными водными ресурсами, также сталкивается с серьёзными экологическими вызовами. Одной из ключевых проблем остаётся загрязнение крупных рек, в том числе Камы — важнейшей водной артерии Республики Татарстан. На её берегах расположены промышленные гиганты, города и сельскохозяйственные земли, деятельность которых напрямую влияет на состояние реки. Однако ситуация не безнадёжна: совместные усилия государства, науки и общества уже сегодня помогают улучшать экологию Камы [2].

Река Кама — одна из крупнейших водных артерий России, важнейший приток Волги и ключевая водная система Урала и Поволжья. Её протяжённость составляет 1805 км, а площадь бассейна охватывает 507 тыс. км², что делает Каму четвёртой по длине рекой Европы. Уникальность Камы заключается в её богатом биоразнообразии: здесь обитает более 40 видов рыб, включая ценные промысловые — стерлядь, судак, лещ, сазан. Кроме того, река играет важнейшую роль в водоснабжении, судоходстве и энергетике (на Каме построены Камская, Воткинская и Нижнекамская ГЭС) [2].

Однако современное экологическое состояние Камы неоднозначно. Река протекает через промышленно развитые районы, что существенно влияет на её водную экосистему. Качество воды оценивается по следующим критериям:

- Химическое загрязнение (тяжёлые металлы, нефтепродукты, нитраты, фосфаты и другие);

- Бактериологическая загрязнённость (наличие патогенных микроорганизмов);
- Физические параметры (мутность, температура, содержание кислорода и другие) [3].

По данным Росгидромета, в районе Набережных Челнов и Нижнекамска регулярно фиксируются превышения ПДК в водоёмах по нефтепродуктам, соединениям меди и железа, что связано с промышленными сбросами и сельскохозяйственными стоками [3].

К основным источникам загрязнения реки Камы относятся промышленные предприятия, коммунальные сточные воды около 250 населённых пунктов, сельскохозяйственная деятельность и судоходство [4].

Промышленные стоки остаются одной из наиболее серьёзных угроз для экологии Камы. Крупные нефтехимические предприятия, такие как «Нижнекамскнефтехим» и «Казаньоргсинтез», а также ТЭЦ и машиностроительные заводы, ежегодно сбрасывают в реку тысячи тонн загрязнённых вод. Несмотря на наличие очистных сооружений, часть вредных веществ, включая тяжёлые металлы и нефтепродукты, всё же попадает в водную экосистему, накапливаясь в донных отложениях [4].

Коммунальные сточные воды из городов Набережные Челны, Нижнекамск и Елабуга также оказывают негативное влияние на состояние реки. Бытовые стоки содержат органические отходы, моющие средства и микропластик, которые нарушают естественный баланс водной среды [5]. Хотя большая часть сточных вод проходит очистку, устаревшие системы канализации не всегда справляются с нагрузкой, особенно в период паводков.

Сельское хозяйство оказывает косвенное, но масштабное воздействие на качество воды в Каме. Удобрения и пестициды, смываемые с полей во время дождей, приводят к эвтрофикации – процессу, при котором избыток питательных веществ вызывает бурное цветение водорослей [5]. Это, в свою

очередь, снижает уровень кислорода в воде, угрожая рыбным ресурсам и другим водным организмам.

Судоходство и дноуглубительные работы также вносят свою лепту в ухудшение экологического состояния реки [6]. Разливы топлива, разрушение береговой линии и поднятие со дна заиленных отложений, содержащих токсичные вещества, негативно влияют на качество воды и состояние прибрежных экосистем.

Меры по сохранению качества реки Камы

В рамках федерального проекта «Оздоровление Волги» (нацпроект «Экология») в Республике Татарстан реализуются масштабные мероприятия по улучшению состояния Камы. В 2021–2023 годах проведена модернизация очистных сооружений в Набережных Челнах и Нижнекамске, что позволило сократить сброс загрязняющих веществ на 15–20% [7].

В 2022 году начаты работы по расчистке русла Камы в районе Елабуги, где накопленные донные отложения создавали угрозу судоходству и ухудшали качество воды. Проект финансируется из федерального бюджета и включает не только механическую очистку, но и биологическую реабилитацию прибрежных зон.

Несмотря на принимаемые меры, остаются нерешённые проблемы:

- Накопление токсичных донных отложений, требующих дорогостоящей очистки.
- Недостаточная эффективность старых очистных сооружений в малых городах.
- Изменение климата, ведущее к обмелению реки и усилению загрязнения.

Для улучшения ситуации необходимо:

- Ужесточить контроль за промышленными сбросами и внедрить систему штрафов за нарушения.

- Расширить участие бизнеса в экологических программах (например, через механизм «зелёных» облигаций).
- Развивать экологическое просвещение, вовлекая местных жителей в охрану реки [7].

В ближайшее время планируется:

- Снизить объём загрязнённых стоков в 2 раза (от уровня 2017 г.).
- Внедрить систему кругового водопользования на предприятиях РТ.
- Расширить водоохранные зоны до 200 м [8].

Река Кама – жизненно важный ресурс, от состояния которого зависит устойчивое развитие качества водных объектов всего региона. Благодаря совместным усилиям государства, бизнеса и общественности уже достигнуты первые положительные результаты, но для устойчивого сохранения чистоты вод необходимы долгосрочные государственные программы и постоянный контроль.

Несмотря на принимаемые меры, сохранение Камы требует комплексного подхода. Ключевыми направлениями должны стать: ужесточение контроля за промышленными сбросами, модернизация инфраструктуры и активное вовлечение общества в экологические проекты.

Список используемой литературы

1. Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Мамаков И.Д., Исследование процессов глубокой очистки сточных вод с применением скорых напорных фильтров// Известия КГАСУ. 2021. №1(55), с.103-112, DOI: 10.52409/20731523_2022_1_103.
2. Бондарева Т.Е., Максимов И.М., Заболотских В.В., Васильев А.В. Перспективы очистки Куйбышевского водохранилища и альтернативного использования биомассы водорослей в качестве биотоплива. В сборнике: ELPIT-2013. Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сборник трудов IV Международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции). Научный редактор: А.В. Васильев. 2013. Т. 2. С. 15-22.
3. Васильев А.В., Заболотских В.В., Терещенко Ю.П. Разработка и использование различных биосорбентов на основе растительных и минеральных отходов

и отработанного активного ила. В сборнике: Стратегическое планирование развития городов России. Памяти первого ректора ТГУ С.Ф. Жилкина. Сборник материалов III Международной заочной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Д.В. Антипов. 2018. С. 36-46.

4. Сатдаров А.З. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы в законодательных системах России и мира // Вестник Удмуртского университета. 2015. Т. 25. № 4. С. 35–44.

5. Постановление Правительства РФ от 10 января 2009 г. № 17 «Об утверждении Правил установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов» // Собрание законодательства РФ. 2009. № 3. Ст. 415.

6. Национальный проект «Экология» // [Электронный ресурс]: https://www.mnr.gov.ru/activity/np_ecology/federalnyy-proekt-ozdorovlenie-volgi/

7. Федеральное агентство «ТАСС» // [Электронный ресурс]: <https://tass.ru/ekonomika/19898453>

8. Е. Тарнавский; [беседовала Н. Рыбакова]. – Текст: электронный // Челнинские известия. – 2019. – №11 (15 февраля). – С. 4. – (События недели).

УДК 622.882

**МЕРОПРИЯТИЯ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*Курицин Иван Николаевич, магистр,
Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань,
ivan-kuritsin@yandex.ru*

***Аннотация.** Для минимизации негативного влияния на земельные ресурсы разрабатываются и реализуются различные природоохранные мероприятия, направленные на сохранение, улучшение и восстановление утраченного первоначального состояния природных компонентов. В статье представлены мероприятия для рекультивации земель нарушенных нефтесодержащими загрязнениями, а также основные этапы очистки загрязненной почвы.*

***Ключевые слова:** почвы, нефтяное загрязнение, рекультивация земель, проект рекультивации.*

**JUSTIFICATION OF MEASURES FOR THE RESTORATION OF OIL-
CONTAMINATED AREAS**

Kuritsyn I.N.

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, ivan-kuritsin@yandex.ru

***Annotation.** To minimize the negative impact on land resources, various environmental protection measures are developed and implemented, aimed at preserving, improving and restoring the lost original state of natural components. The article presents a project for the cultivation of lands disturbed by oil-containing pollution, as well as the main stages of cleaning contaminated soils.*

Keywords: *soil, oil pollution, land reclamation, reclamation project.*

Введение

Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами требует проведения комплекса рекультивационных мероприятий, направленных на восстановление свойств почв и скорейшее возвращение их в хозяйственный оборот после проведения рекультивации [1].

Проведение рекультивации является необходимым, поскольку загрязнение наносит ущерб состоянию земель, приводя к нарушению экологического равновесия в почвенной системе; изменению морфологических и физико-химических характеристик почвенных горизонтов; изменению водно-физических свойств почв; нарушению соотношения между отдельными фракциями органического вещества почвы; снижению почвенного плодородия [1].

Целью данной работы является научное обоснование и разработка мероприятий для проведения рекультивации нарушенных земель нефтесодержащими загрязнениями по ул. Заводская в селе Шемордан Сабинского муниципального района Республики Татарстан.

Объект исследования и материалы

В качестве объекта для проектирования рекультивационных мероприятий были выбраны загрязненные нефтью части участков с кадастровыми номерами 16:35:200103:92 и 16:35:200103:608 общей площадью загрязнения 4746,3 м², расположенные в селе Шемордан Сабинского муниципального района Республики Татарстан по улице Заводская. Участки расположены на землях населенных пунктов и относятся к промышленной зоне.

В соответствии с природно-сельскохозяйственным и агро-почвенным районированием территория Сабинского муниципального района

расположена в пределах равнинно-увалистого, суглинистого, серо-лесного округа Предуральской провинции лесостепной зоны [2].

Сочетание природно-антропогенных условий почвообразования способствовало формированию на исследуемом участке класса антропогенно-преобразованных почв, представленных уплотненными техногенно-нарушенными насыпными почвогрунтами.

Материалы и методы

Для выявления границы загрязнения и оценки миграции нефтепродуктов в почвенном профиле были отобраны образцы проб на разной глубине и удалении от основного загрязнения с учетом элементов рельефа и хозяйственного использования территории [3]. Всего было заложено 9 площадок, где отбор проб осуществлялся с глубин 0–0,2; 1,0–2,0 и 4,0–6,0 м.

Ввиду того, что предельно допустимые концентрации для нефтепродуктов в почве в России не регламентированы, согласно п.6 [4] в качестве норматива использовалось среднее значение концентрации загрязняющего вещества на сопредельной территории аналогичного целевого назначения и вида использования, не испытывающей негативного воздействия от данного вида нарушения, отобранный с глубины 0,3 м.

Основная часть

Рассматриваемый участок загрязнен отходами битума нефтяного строительного, в понижениях рельефа визуально обнаружен темно окрашенный нефтезагрязненный грунт с характерным запахом.

Ввиду того, что территории, загрязненные нефтепродуктами, относятся к категории «земли населенных пунктов» с видом разрешенного использования «для иных целей» было выбрано направление для рекультивации участков – «строительное».

В рамках исследования произведено обследование почвенного покрова и проведен анализ проб почв. Типичные (фоновые), не нарушенные почвы

обследуемой территории были определены как дерново-подзолистые со средним содержанием нефтепродуктов 159 мг/кг. Во многих образцах, отобранных на обследуемом участке, содержание нефтепродуктов превышает фоновое значение с учетом погрешности измерений (таблица 1).

Таблица 1

Содержание нефтепродуктов (мг/кг) в почвенных образцах			
Шифр пробы	П1	П2	П3
Глубина отбора проб, м	0-0,2	1,0- 2,0	4,0-6,0
скв.3	201,0¹	7643,0	161,0
скв.6	48672,0	35871,0	115,0
скв.7	345,0	26343,0	145,0
скв.8	782,0	41547,0	157,0
скв.9	178,0	198,0	171,0
скв.11	169,0	135,0	143,0
скв.12	28753,0	189,0	191,0
скв.15	44763,0	7565,0	112,0
скв.20 (Ф)	146,0	207,0	99,0

Примечание к таблице

¹ выделены образцы, в которых установленные концентрации превышают среднее значение фонового содержания нефтепродуктов

С целью определения сопутствующих загрязнений, типичные образцы почвы были проанализированы на дополнительный спектр загрязняющих веществ (тяжелые металлы, хлориды и пр.). Кроме повышенного содержания нефтепродуктов, превышения других параметров не выявлены (таблица 2). Содержание хлоридов и сульфатов находится на уровне ниже ПДК.

Таблица 2

Содержание загрязняющих веществ в образце П1			
Определяемые показатели	Содержание, мг/кг		ПДК ¹
Шифр пробы	скв.6 П1	скв.9 П1	
Глубина отбора	0-0,2	0-0,2	
рН	6,8	7,1	6,5-8,5
Нефтепродукты, мг/кг	48672	178	
Мышьяк, мг/кг	0,19	0,21	2
Ртуть, мг/кг	0,5	0,4	2,1
Цинк, мг/кг	97	113	220
Медь, мг/кг	45	17	132
Кадмий, мг/кг	0,88	0,15	2
Свинец, мг/кг	25	18	32

Кобальт, мг/кг	1,1	1,3	5
Хром, мг/кг	1,3	2,1	6
Хлориды, мг/кг	8,1	7,5	360
Сульфаты, мг/кг	18,3	14,4	160

Примечание к таблице:

¹Нормативы химических веществ в почве приняты по [5]. Значения ОДК химических веществ в почве приняты для почв, близких к нейтральным, нейтральных (суглинистых и глинистых), рН KCl>5,5.

Для восстановления земель предусматривается проведение подготовительного, технического, биологического и заключительного этапов рекультивации с использованием современных технологий, техники и оборудования, которые сведут к минимуму возможное негативное воздействие при проведении рекультивации [6].

Подготовительные работы обеспечивают планомерное начало и развитие основного периода рекультивации. Были предложены следующие мероприятия: расчистка сопредельной территорий от древесной растительности, мелколесья и кустарников; обустройство временных подъездных путей протяженностью 295,2 м, глубина корыта выемки грунта для обустройства временных дорог 0,5м; обваловка мест скопления битума, с целью недопущения распространения загрязнения.

Технический этап рекультивации включает в себя комплекс работ по инженерной подготовке загрязненной территории, которые можно подразделить на группы работ.

Изначально необходимо произвести выемку и передачу на утилизацию отходов подготовки строительного участка, содержащие преимущественно древесину, бетон, железо. После чего произвести выемку и передачу на утилизацию отходов битума нефтяного строительного из котлованов, канав и понижений рельефа; нефтезагрязненного грунта с глубины до 2,5 м. По окончании работ необходимо произвести демонтаж вспомогательных инженерных коммуникаций, временных дорог и сооружений необходимо передать на утилизацию все отходы, загрязненные нефтепродуктами.

Для дальнейшей реализации мероприятий по восстановлению нарушенных почв необходимо произвести контроль содержания нефтепродуктов в грунтах на участке рекультивации после выемки и вывоза отходов и нефтесодержащих грунтов. При наличии положительного результата контроля в рамках технического этапа рекультивации возможно приступить к планировке территории, возмещению объема изъятых отходов и ликвидации усадочных явлений на участке рекультивации. Чтобы обеспечить реализацию последующих мероприятий, на поверхность участка необходимо нанести плодородный грунта высотой 0,20м. Значение принято для обеспечения формирования корнеобитаемого слоя травянистого яруса.

Работы биологического этапа предусматривают восстановление сплошного травянистого покрова, в связи с этим необходимо произвести следующие мероприятия: внесение органических и минеральных удобрений на всей площади участка, посев многолетних трав, посадка древесных и кустарниковых насаждений в количестве по периметру участка для закрепления почвенного слоя и предотвращения эрозионных процессов.

На завершающем этапе необходимо произвести повторный количественный химический анализ проб почв.

Намечаемая деятельность в процессе реализации подготовительного и технического этапа рекультивации будет неизбежно сопровождаться негативным воздействием на почвенный покров территории, включая загрязнение почвенного покрова отходами строительства и потребления, ГСМ. При реализации проекта рекультивации одним из наиболее опасных и масштабных источников воздействия на почвенный покров территории могут стать разливы нефтепродуктов при выемке загрязненного грунта и погрузке на спецтехнику, приводя к загрязнению поверхностных грунтов нефтепродуктами.

Однако после завершения работ биологического этапа рекультивации произойдет восстановление почвенно-плодородного слоя. Вследствие

применения методов фиторемедиации ожидается зарастание территории травянистой растительностью луговых сообществ. Кроме того, рекультивация направлена на расчистку территории от отходов, заполнение котлованов чистым минеральным грунтом, урегулирование поверхностного стока атмосферных осадков, что ведет к очистке территории, активизации процессов самоочищения почв.

Выводы

По результатам обследования территории нарушенных земель были предложены научно-обоснованные мероприятия для рекультивации нефтезагрязненных почв населенных мест.

В результате данных мероприятий прогнозируются следующие положительные эффекты: очистка почв от нефтесодержащих загрязнений; приведение земель в пригодное для дальнейшего использования состояние; исключение возможного негативного влияния на подземные воды. После завершения работ биологического этапа рекультивации произойдет восстановление почвенно-плодородного слоя, активизация процессов самоочищения почв и вследствие применения методов фиторемедиации зарастание территории травянистой растительностью луговых сообществ.

Список использованной литературы

1. ГОСТ Р 57447-2017 Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Основные положения, дата введения 2017-12-01. [Электронный ресурс]: https://normadocs.ru/gost_r_57447-2017 [Дата обращения: 27.04.2025].
2. Трофимов Н.В. Методика разделения территории Республики Татарстан на агроландшафтные районы на основе зонирования природно-климатических ее условий / Н.В. Трофимов, С.В. Сочнева, М.В. Панасюк // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т.14, S4-1(55). – С. 127–131
3. ГОСТ 17.4.3.01-2017 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб (с Поправкой) [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200159508> [Дата обращения: 27.04.2025]

4. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды. Приказ Минприроды России от 08.07.2010 N 238 (ред. от 18.11.2021) [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/902227668> [Дата обращения: 27.04.2025].

5. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 N 2 (ред. от 30.12.2022) [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> [Дата обращения: 27.04.2025]

6. Утомбаева А.А. Эффективность применения осадка городских сточных вод при рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы / А.А. Утомбаева, Т.В. Кузнецова, А.А. Вершинин, Э.Р. Зайнулгабидинов, А.М. Петров // Вестник Нижневартского государственного университета. – 2023. – 3(63). – С. 113–126

УДК 502

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Полякова Арина Андреевна, студент,

Петрова Елена Николаевна, к-т экон. наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Нижний Новгород, e-mail: petrova-
e1@yandex.ru*

***Аннотация.** В статье рассматриваются ключевые аспекты, которые должны быть на этапах инвестиционного процесса и анализируется целесообразность их введения и регулирования. Подчеркивается важность развития стандартизированных процедур экологического анализа для снижения негативного воздействия на окружающую среду.*

***Ключевые слова:** инвестиционный процесс, экология, охрана окружающей среды, строительство, экологическое регулирование, экологическая безопасность.*

ENVIRONMENTAL REGULATION OF THE MAIN STAGES OF THE INVESTMENT PROCESS

Polyakova A.A., Petrova E.N.

*Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny
Novgorod*

Annotation. *The article examines the key aspects that should be at the stages of the investment process and analyzes the feasibility of their introduction and regulation. The importance of developing standardized environmental analysis procedures to reduce the negative impact on the environment is emphasized.*

Keywords: *investment process, ecology, environmental protection, construction, environmental regulation, environmental safety.*

Введение

Отсутствие стандартизированных процедур экологического анализа инвестиционных проектов приводит к сложностям в сфере управления и воздействия на окружающую среду. Это приводит к проблемам, связанным с такими стадиями, как проектирование, строительство и эксплуатация зданий и сооружений.

Актуальность темы заключается во внедрении четких стандартов и экологических требований к ключевым аспектам планирования строительства объекта, которые могут позволить минимизировать экологические риски.

Инвестиционный процесс как правило начинается с формирования инвестиционного замысла. Данный этап включает в себя определение ключевых параметров проекта: целей инвестиций, назначение объекта, мощности и номенклатуры продукции или услуг, а также выбор места размещения объекта строительства. Помимо этого, необходимо определить задачи проекта, определить его основные характеристики, такие как наличие альтернативных решений, продолжительность реализации и требуемые

финансовые затраты проекта. Исходя из инвестиционного замысла можно сделать вывод о том, что проект всегда требует разработку бизнес-плана [2].

Бизнес-план содержит не только описание сведений об организации и ее деятельности, но и включает в себя прогрессивную экологическую стратегию, обеспечивая экологическую совместимость всех производственных процессов. Составление бизнес плана предполагает также проведение начального экологического анализа, который включает анализ количественных характеристик загрязнения, состояния окружающей среды, эффективности использования природных ресурсов и разработку соответствующих природоохранных мероприятий.

Экологически ориентированный бизнес-план должен подробно описывать используемые технологии, производственные процессы, необходимые для производства ресурсы, отходы от производства, а также учитывать экологические характеристики готовой продукции и возможности ее использования после окончания срока службы. Можно сказать, что оптимальный бизнес-план – это баланс между экономическими выгодами и минимальным воздействием на окружающую среду [2].

Следующим важным этапом инвестиционного процесса является оценка воздействия на окружающую среду. Ее проведение необходимо для выявления экологических рисков на раннем, предпроектном этапе, что впоследствии позволит избежать в будущем как дополнительных финансовых затрат, так и серьезных экологических проблем. На этом этапе необходимо определить характер, масштабы, интенсивность и степень негативных последствий деятельности на окружающую среду, экономическую сферу и социальное обеспечение населения. Также, на данном этапе инвестиционного процесса необходимо дать оценку всем прямым, косвенным и иным экологическим последствиям негативного воздействия на окружающую среду планируемой деятельности [3].

Инженерно-экологические изыскания играют важную роль в инвестиционном процессе, поскольку необходимы для исследования параметров окружающей среды, техногенных и социально-экономических условий в районе проектируемого объекта с целью обоснования строительства с точки зрения экологических аспектов. Перечень работ должен включать инженерно-экологическую съемку территории, анализ химического загрязнения почвы и грунтов, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха и другие необходимые исследования.

Одним из обязательных разделов на стадии проектирования объекта является раздел «Мероприятия по охране окружающей среды», включающий в себя результаты оценки воздействия на окружающую среду, перечень мероприятий, направленных на предотвращение или снижение возможного негативного воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и рациональное использование природных ресурсов во время эксплуатации объекта капитального строительства. Данный раздел должен охватывать мероприятия по охране атмосферного воздуха, водных ресурсов, земельных и почвенных ресурсов, ресурсов растительного и животного мира, а также мероприятия по обращению с отходами производства и потребления [4]. По завершении проектирования на проектные материалы необходимо получить положительное заключение государственной или негосударственной экспертизы.

Для объектов I категории обязательным документом является комплексное экологическое разрешение, инвентаризация источников выбросов и сбросов, проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, производственный экологический контроль, паспорта отходов.

Для объектов II категории необходимо получение декларации о воздействии на окружающую среду, проект нормативов образования отходов

и лимитов на их размещение, программа производственного экологического контроля и паспорта отходов.

Для объектов III необходима программа производственного экологического контроля и паспорта отходов, а для IV категории объектов негативного воздействия необходимы инвентаризация источников выбросов (как и для всех категорий объектов) и паспорта отходов.

Отчётность для объектов I-IV категории включает в себя декларацию о плате за негативное воздействие на окружающую среду и отчёты 2-тп (воздух) и 2-тп (отходы). Для объектов I-III категорий необходим отчёт о результатах производственного экологического контроля [5].

В процессе осуществления хозяйственной деятельности необходимо обеспечить как производственный экологический контроль, так и государственный экологический надзор, который в зависимости от категории объектов негативного воздействия на окружающую среду осуществляется в форме федерального государственного экологического надзора или в форме регионального государственного экологического надзора. Обязательным условием функционирования любого объекта является соблюдение экологических требований, которые регулируются природоохранным законодательством.

Выводы

Таким образом, экологические аспекты должны быть интегрированы на всех этапах инвестиционного процесса, что предусмотрено требованиями законодательства Российской Федерации в области охраны окружающей среды. Этот подход не только позволяет предотвратить потенциальный ущерб окружающей среде, но и обеспечить устойчивость проекта.

Список использованной литературы

1. Самсонова М. Л. Учет экологических факторов при разработке инновационного бизнес-плана // Инженерный вестник Дона. – 2012. – №. 4-2, Т. 23. – С. 108-112.

2. Петрова Е. Е. Природоохранные аспекты в инвестиционном анализе. Монография. – СПб.: РГГМУ. – 2012. – 108 с.
3. Белюченко И. С. и др. Оценка воздействия на окружающую среду. – КубГАУ. – 2018. – 95 с.
4. Сорокин Н. Д. Пособие по разработке раздела проектной документации «Перечень мероприятий по охране окружающей среды». – Санкт-Петербург: Знание, 2013. – 545 с.
5. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ. [Электронный ресурс]: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ [Дата обращения: 28.03.2025].

УДК 502

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Орлова Валерия Андреевна, студент,

Петрова Елена Николаевна, к-т экон. наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Нижний Новгород, e-mail: petrova-
e1@yandex.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются экологические аспекты государственного регулирования обращения с отходами строительства и сноса (ОСиС) в условиях перехода к устойчивому развитию и экономики замкнутого цикла. Подчёркивается актуальность темы, связанная с ростом объёмов строительных отходов и их высоким потенциалом повторного использования.

Ключевые слова: отходы строительства и сноса (ОСиС), устойчивое развитие, государственное регулирование, экономика замкнутого цикла, переработка отходов, экологическая политика.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF STATE REGULATION IN CONSTRUCTION WASTE MANAGEMENT

Orlova V.A., Petrova E.N.

*Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny
Novgorod*

Annotation. *The article examines the environmental aspects of state regulation of construction and demolition waste (CDW) management in the context of the transition to sustainable development and the circular economy. It emphasizes the relevance of the topic, which is associated with the growing volume of construction waste and its high potential for reuse.*

Keywords: *construction and demolition waste (CDW), sustainable development, state regulation, circular economy, waste recycling, environmental policy.*

Введение

Стремительная урбанизация, рост объемов капитального строительства, реконструкции и модернизации объектов неизбежно влечет за собой увеличение объемов отходов строительства и сноса (ОСиС). В условиях перехода к устойчивому развитию, реализации принципов «зелёной экономики» обращение с ОСиС становится одной из ключевых проблем в сфере охраны окружающей среды и рационального использования ресурсов. Дефицит пригодных для размещения отходов территорий требуют пересмотра подходов к управлению отходами строительной отрасли на всех уровнях: от локального до национального.

Актуальность темы обусловлена не только масштабами объемов образующихся отходов, но и потенциалом их повторного использования, что делает сферу обращения с ОСиС важнейшим элементом экономики замкнутого цикла. По оценкам Европейского агентства по охране окружающей среды (ЕЕА), отходы строительства и сноса составляют

порядка 30–35% от общего объема отходов в ЕС [1]. В России ежегодно накапливается не менее 70 млн тонн строительных отходов, при этом лишь около 25% из них утилизируется [2].

Известно, что среди отходов, образующихся в строительной сфере, доминируют материалы, пригодные к повторному использованию: бетон (60%), древесина (20%), металл (10%), а также кирпич, пластик, стекло и другие (10%) [3]. Значительную долю также составляет грунт, который образуется в процессе нулевого цикла и иных землеустроительных работ. Несмотря на высокий процент перерабатываемых компонентов, большинство отходов по-прежнему направляется на захоронение, что представляет собой нерациональный подход как с точки зрения экологии, так и экономики.

Увеличение объемов ОСиС требует от государства совершенствования системы их регулирования. Так, в рамках Директивы 2008/98/ЕС страны ЕС к 2020 году должны были достигнуть уровня переработки строительных отходов не менее 70%. В Российской Федерации вектор государственной политики ориентирован на повышение доли использования вторичных строительных ресурсов до 40% к 2030 году, что закреплено в федеральном проекте «Экономика замкнутого цикла». Тем не менее, достижение этих показателей сопровождается рядом препятствий, включая недостаток инфраструктуры, слабый контроль и отсутствие действенных экономических стимулов для бизнеса.

Система регулирования обращения с отходами строительства и сноса в России базируется на положениях международных соглашений, а также на национальных законодательных актах, прежде всего – на Федеральном законе № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». Законодательно закреплены такие принципы, как обязательная классификация отходов, ведение паспортов на опасные отходы, сортировка отходов на строительных площадках, лицензирование деятельности, связанной с обращением с отходами, а также запрет захоронения материалов, пригодных для

переработки [4]. Однако несмотря на наличие правовой базы, в ряде регионов остаётся нерешённой проблема нехватки перерабатывающих мощностей, низкого уровня экологического контроля и практической незаинтересованности участников строительного рынка в реализации требований закона.

На практике регулирование обращения с ОСиС в значительной мере определяется региональными нормативными актами и решениями органов местного самоуправления. Отсутствие единых информационных платформ и несогласованность действий между подрядными организациями, операторами по обращению с отходами и надзорными органами создают условия для несанкционированного обращения с отходами и появления нелегальных свалок. Более того, распространённой проблемой остаётся непрозрачность в системе учета и движения отходов. В ряде субъектов отсутствуют полноценные реестры, а информация о количестве и составе образуемых и перерабатываемых отходов не всегда достоверна. Примером попытки решения этой проблемы является внедрение в Московской области системы «ИС Электронный талон ОССиГ», однако её масштабное распространение пока не реализовано.

Выводы

Таким образом, эффективное регулирование обращения с отходами строительства и сноса является неотъемлемым элементом устойчивого развития строительной отрасли. Современное российское законодательство включает в себя ключевые механизмы контроля за ОСиС, однако существующие проблемы – нехватка инфраструктуры, слабый контроль, недостаток экономических стимулов требуют проведения комплексных реформ. Кроме того, необходимо развитие цифровых систем учёта, расширение перерабатывающих мощностей и стимулирование вовлеченности бизнеса в процессы экологически безопасного обращения с ОСиС.

Список использованной литературы

1. Construction waste as a share of all waste generated in the European Union (EU-27) from 2004 to 2020 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/1399099/construction-waste-as-a-share-of-all-waste-generated-in-the-eu/> [дата обращения: 04.04.2025].
2. Россияне считают главным источником отходов строительные площадки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://stroygaz.ru/publication/zkh/rossiyane-schitayut-glavnym-istochnikom-otkhodov-stroitelnye-ploshchadki/> [дата обращения: 04.04.2025].
3. ecobatman.ru «Состав отхода «Отходы (мусор) от строительных и ремонтных работ» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ecobatman.ru/comp_sostav.php?id=50 [дата обращения: 04.04.2025].
4. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 N 89-ФЗ [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ [дата обращения 04.04.2025].

УДК 721:502.12.911.8

ПРИМЕНЕНИЕ ЗЕЛЁНЫХ СТАНДАРТОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

Котова Лидия Сергеевна, студент,

Петрова Елена Николаевна, к-т экон. наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Нижний Новгород, e-mail: petrova-
e1@yandex.ru*

***Аннотация.** В связи с негативной экологической ситуацией на планете определена необходимость использования «зеленых» стандартов в строительстве, регулируемых экологическими нормативами, для снижения нагрузки на природу и создания благоприятных условий для человека. Выявлено, что одиннадцать из семнадцати целей устойчивого развития, утвержденных Генеральной Ассамблеей ООН, взаимосвязаны со*

строительством. При этом «зеленые» стандарты в проектировании служат механизмом реализации этих целей и регуляторами для создания экологически безопасного пространства для жизни и работы.

Ключевые слова: экология, «зелёные» стандарты, «зелёное» строительство, устойчивое развитие, нормативы, архитектура.

APPLICATION OF GREEN STANDARDS FOR CONSTRUCTION IN THE RUSSIAN FEDERATION

Kotova L.S., Petrova E.N.

*Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny
Novgorod*

Annotation. *Due to the negative environmental situation on the planet, it is necessary to use "green" standards in construction, regulated by environmental regulations, to reduce the burden on nature and create favorable conditions for humans. It has been revealed that eleven of the seventeen Sustainable Development Goals approved by the UN General Assembly are interrelated with construction. At the same time, "green" standards in design serve as a mechanism for achieving these goals and regulators for creating an environmentally safe space for living and working.*

Keywords: *ecology, "green" standards, "green" construction, sustainable development, standards, architecture.*

Введение. В современных условиях вопросы экологической регламентации становятся все более актуальными, в следствии деятельности человека происходят негативные изменения в окружающей среде, истощаются ресурсы, исчезают отдельные виды растений и животных. Эти тенденции привели к необходимости создания стандартов рационального освоения ресурсов и экологизации всех направлений хозяйственной деятельности, и в первую очередь строительного сектора. Строительная отрасль включает в себя огромное количество направлений, которые требуют

жесткой экологической регламентации. В частности, производство и применение экологически безопасных и качественных строительных материалов, обеспечение эффективного использования ресурсов, внедрение малоотходных технологий, и энергосберегающих технологий. обеспечение комфортных условий жизни и др. В настоящее время наиболее структурно организованными и часто применяемыми в мире являются системы стандартов BREEAM, разработанные Центром строительной науки Великобритании, и нашедшие применение во многих странах.

Система стандартов BREEAM дает разностороннюю оценку по таким критериям как энергетические затраты на строительство и планируемое потребление энергии объектом, политика управления, включая строительство объекта, производственная безопасность и безопасность дальнейшей эксплуатации. А также стандартов LEED, разработанных Советом по экологическому строительству США. Стандарты LEED является наиболее приемлемым в основном для американских реалий строительства. Этот стандарт включает в себя соответствие требованиям эффективного использования источников энергии, включенное в систему критериев "EnergyStar" [1].

В России пока ведется работа по разработке стандарта зеленой сертификации. В 2010 году центр «Зеленые стандарты» предложил систему стандартизации, которая была учтена при создании национального стандарта РФ ГОСТ Р 54964-2012. Несмотря на существование этих разработок, многие девелоперы ориентируются на европейские экостандарты [5]. Система сертификации «Зеленые стандарты» зарегистрирована 18 февраля 2010 года Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии. Она направлена на минимизацию негативного воздействия объекта недвижимости на окружающую среду, внедрение технологий энергоэффективности и ресурсосбережения, улучшения комфортности проживания. Задача стандартов — обеспечение экологической безопасности

объектов недвижимости как при строительстве, так и в процессе эксплуатации, рациональное использование природных ресурсов, помощь покупателям в компетентном выборе объектов недвижимости. В перспективе регулирование зеленого законодательства в строительной сфере должно регулироваться на всех уровнях управления, начиная с федерального и заканчивая муниципальным, это позволит влиять на нормативы зеленого строительства.

С 2011 года в РФ реализуется программа добровольной сертификации объектов недвижимости "Зеленые стандарты", которая включает в себя оценку в соответствии с баллами. По итогам сертификации присваивается один из четырех возможных результатов, в зависимости от степени соответствия стандартам [3]. Активно ведется разработка собственных зеленых стандартов, учитывающих как лучший международный опыт, так и специфику страны, ее строительный опыт и климатические пояса. В 2016 году НИУ МГСУ совместно с ГК «РОСНАНО» в системе Росстандарта был создан Технический комитет по стандартизации ТК 366 «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности и «зеленая инновационная продукция». «Техническим комитетом уже разработаны первые национальные зеленые стандарты. Например, с 1 июня 2020 года вступил в силу ГОСТ на проектирование и устройство озелененных и эксплуатируемых кровель». Другим примером развития зеленых стандартов в РФ является ассоциация «Национальное объединение строителей», которая так же разработала свою систему оценок экологичности объектов. В 2022 году произошел значительный прорыв в области развития национальной системы оценки недвижимости – разработаны и начали действовать сразу два новых стандарта «зеленого» строительства – ГОСТ Р, предназначенный для оценки многоквартирных домов, и Клевер — для коммерческой и некоммерческой недвижимости. Наряду с ними уже применялись IRIIS – система оценки качества и сертификации инфраструктурных проектов, а также EcoMaterial –

система экологической сертификации строительных и отделочных материалов.

Важным аспектом является стоимость возведения зданий в соответствии с требованиями "Зеленых стандартов". В общественном сознании сложилось представление о том, что экологичное строительство является более затратным. Однако это в корне неверно, поскольку более высокие начальные затраты компенсируются в процессе эксплуатации. Сегодня в России есть крупные компании, руководители которых понимают, что дом с высокими потребительскими свойствами, в том числе соответствующий нормам зеленого строительства, не просто быстрее окупается, но и пользуется высоким спросом у покупателей жилья. Есть три уровня заинтересованности: город, жители и бизнес. И на каждом уровне есть своя система стимулов [6].

Для жителей стимул состоит в том, что внедряемые технологии основаны на экономии энергии и ресурсов, а это означает экономию на коммунальных и прочих расходах. Стимулом же для бизнеса является оформленный через общественное мнение заказ на экологически безопасные материалы и технологии строительства, что также ведет к повышению уровня капитализации объекта [2].

Выводы. Для эффективного внедрения этих инноваций необходимо диверсифицировать экономику, изменить налоговую политику в отношении вредного для природной среды производства, связанного как правило с добычей полезных ископаемых и их обработкой. В то же время следует снизить налоги на высокотехнологичное и экологически чистое производство новых материалов.

Важным является осознание обществом и властью, что совершенствование и активное использование стандартов зеленого строительства положительно влияет на развитие бизнеса, его динамику, рост и развитие. Экологические стандарты способствуют экономии финансовых

средств во время эксплуатации объектов недвижимости, а повышение уровня качества реализуемых объектов создает привлекательный инвестиционный климат, в том числе и для привлечения иностранных инвестиций.

Список использованной литературы

1. Агапова К. Сертификация зданий по стандартам LEED и BREEAM в России // Здания высоких технологий, 2013.
2. Бобылев С.Н., Захаров В.М. «Зеленая» экономика и модернизация. Экологоэкономические основы устойчивого развития // На пути к устойчивому развитию России. – 2012. – № 60.
3. Гусева Т.В., Панкина Г.В., Петросян Е.Р. Зеленые стандарты: современные методы экологического менеджмента в строительстве // Компетентность. 2012. О № 8 (99).
4. Миндзаева М.Р., Горгорова Ю.В. Сравнительный анализ зарубежных стандартов экологического строительства и их влияние на формирование российских экостандартов // Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 27. № 4.
5. Зеленое строительство: создание комфортной, безопасной и здоровой среды [Электронный ресурс]. URL: <https://stroi.mos.ru/articles/zielienoie-stroitiel-stvo-sozdaniie-komfortnoi-biezopasnoi-i-zdorovoi-sriedy> (дата обращения: 20.05.2025).
6. Применение зеленых стандартов в России: проблемы и перспективы [Электронный ресурс]. URL: ///C:/Users/lida_2/Desktop/primenenie-zelenyh-standartov-v-rossii-problemy-i-perspektivy.pdf (дата обращения: 20.05.2025).

*Раздел 4. ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И
РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ*

УДК 504.455

**ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕКИ КАЗАНКИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УДЕЛЬНОГО КОМБИНАТОРНОГО ИНДЕКСА**

Селедкина Виктория Алексеевна, студент,

*Габдрахманова Гульнара Наилевна, к.х.н, старший преподаватель,
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ», e-mail: vika.seledkina.03@mail.ru*

***Аннотация.** В работе представлена оценка степени загрязненности реки Казанки с использованием удельного комбинаторного индекса загрязненности (УКИЗВ). Проведён расчёт индекса на основе данных о превышении ПДК по ряду загрязняющих веществ. Установлено, что вода относится к классу «грязная», что свидетельствует о высоком уровне антропогенного воздействия.*

***Ключевые слова:** река Казанка, экологическое состояние, загрязнение водоемов, удельный комбинаторный индекс загрязненности (УКИЗВ), поверхностные воды, ПДК, оценка качества воды, сточные воды.*

**ASSESSMENT OF POLLUTION OF THE KAZANKA RIVER USING THE
SPECIFIC COMBINATORIAL INDEX**

Seledkina V. A., Gabdrakhmanova G.N.

*Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI,
Kazan*

***Annotation.** The paper presents an assessment of the degree of pollution of the Kazanka River using the specific combinatorial index of pollution (UCIZV). The index is calculated on the basis of data on exceeding the MPC for a number of pollutants. It is established that the water belongs to the "dirty" class, which indicates a high level of anthropogenic impact.*

Keywords: *Kazanka River, ecological state, pollution of water bodies, specific combinatorial index of pollution (UCIZV), surface water, MPC, water quality assessment, wastewater.*

Введение. Загрязнение водных объектов является одной из наиболее актуальных экологических проблем современности. В условиях активного промышленного развития и урбанизации водоемы подвергаются значительным антропогенным воздействиям, что приводит к ухудшению их экологического состояния и снижению качества вод. Одним из таких объектов является река Казанка, расположенное городе Казани, которое играет важную роль в водоснабжении, рекреации и экосистеме города.

В Государственном докладе о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан описано состояние р. Казанки за 2023 год. В пункте наблюдения р. Казанка с. Усады в 100% случаях отмечается повторяемость превышения норм ПДК по сульфатам, среднегодовая и максимальная концентрации которого находились в пределах 3,1 ПДК и 3,9 ПДК, в прошлом периоде от 3,7 и 4 ПДК. Повторяемость превышения допустимых норм ПДК для остальных веществ варьировалась от 8–58% от числа отобранных проб. Среднегодовая и максимальная концентрации составили: аммоний иона – 0,8 и 4,7 ПДК, БПК₅ – 0,9 и 1,6 ПДК, железа – 1,3 и 3,3 ПДК, марганца – 2 и 7,6 ПДК, меди – 2,3 и 12 ПДК, нефтепродуктов – 0,6 и 1,7 ПДК, никеля – 3,3 и 4,4 ПДК, нитритов – 2,1 и 5,3 ПДК, цинка – 1,5 и 3,8 ПДК [1].

Актуальность проблемы загрязнения реки Казанка заключается в том, что река является не только природным объектом, но и важной частью городской инфраструктуры Казани. Загрязнение его вод сточными водами промышленных предприятий, таких как ТЭЦ, оказывает негативное воздействие на экологическое состояние реки, снижая её способность к самоочищению и ухудшая качество вод.

Комбинаторный индекс загрязнения водных объектов является показателем, который позволяет количественно оценить степень загрязненности водных экосистем и классифицировать их по качеству. Методика расчета УКИЗВ [2] основана на суммировании индексов загрязненности для каждого вещества, концентрации которых рассчитывают ПДК. Частный индекс рассчитывается как отношение вещества в воде к его ПДК. Затем суммарный индекс используется для определения категории качества воды, что помогает выявить наиболее проблемные участки и определить эффективные меры по восстановлению водоема.

Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды также используется для оценки уровня загрязненности и является весьма удобной и показательной характеристикой. Рассчитывают по формуле:

$$S'_j = \frac{S_j}{N_j}$$

где S_j — комбинаторный индекс загрязненности воды в j' -м створе;

N_j — число учитываемых в оценке ингредиентов

$$S_j = \sum_{i=1}^{N_j} S_{ij}$$

Обобщенный оценочный балл S_{ij} по каждому ингредиенту. Он рассчитывается как произведение частных оценочных баллов по повторяемости случаев загрязненности и средней кратности превышения ПДК:

$$S_{ij} = S_{\alpha_{ij}} S_{\beta_{ij}}$$

где $S_{\alpha_{ij}}$ — частный оценочный балл по повторяемости случаев загрязненности i -м ингредиентом в j -м створе за рассматриваемый период времени; $S_{\beta_{ij}}$ — частный оценочный балл по кратности превышения ПДК i -го ингредиента в j -м створе за рассматриваемый период времени.

Обобщенный оценочный балл дает возможность учесть одно временно значения наблюдаемых концентраций и частоту обнаружения случаев превышения ПДК по каждому ингредиенту.

Значение обобщенного оценочного балла по каждому ингредиенту в отдельности может колебаться для различных вод от 1 до 16. Большему его значению соответствует более высокая степень загрязненности воды.

Среднее значение кратности превышения ПДК β'_{ij} , рассчитанное только по результатам анализа проб, где такое превышение наблюдается. Результаты анализа проб, в которых концентрация загрязняющего вещества была ниже ПДК, в расчет не включают.

Для расчета используется повторяемость случаев загрязненности α_{ij} , т.е. частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК.

Для исследования был проведен анализ проб воды из реки Казанки. Результаты исследований представлены в таблице 1, где указаны содержания различных загрязняющих веществ. Эти данные были использованы для расчета УКИЗВ.

С помощью коэффициента комплексности загрязненности воды оценивается комплексность загрязненности воды в пробе, створе, пункте, водотоке и т.д. Расчет значения коэффициента комплексности загрязненности воды К проводится сначала для каждого результата анализа.

Таблица 1

Результаты анализа содержания загрязняющих веществ

Река	NH_4^+	БПК ₅	Кислород раств.	Fe(II)	Mn(II)	Cu(II)	NO_3^-	NO_2^-	SO_4^{2-}	Фенол	ХПК	Cl^-	Zn(II)
	мг/л	мгО ₂ /л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мгN/л	мгN/л	мкгP/л	мг/л	мг/л ³	мг/л	мгО ₂ /л
Казанка	0,33 ± 0,286	2,09 ± 0,87	0,10 ± 0,0003	0,16 ± 0,0024	0,12 ± 0,0006	0,0007 ± 0,00003	10,13 ± 0,987	0,07 ± 0,0005	301,22 ± 12,086	0,001 ± 0,0002	14,12 ± 0,64	16,75 ± 0,81	0,0009 ± 0,014

Результаты расчетов УКИЗВ на основе данных о концентрации веществ приведены в таблице 2. Определение уровней загрязнения для каждого вещества, а также суммарный индекс позволяет определить обобщенный уровень загрязнения.

Таблица 2

Результаты расчета УКИЗВ

F=1	NH ₄ ⁺	БПК ₅	Кислород раств.	Fe(II)	Mn(II)	Cu(II)	Нефтепродукты	Ni	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	SO ₄ ²⁻	Фенол	ХПК	CL ⁻	Zn(II)
α_{ij}	25	45,45	18,18	0	81,82	36,36	0	0	0	33,33	91,67	41,67	8,33	0	0
β'_{ij}	1,42	1,52	6,66	0	14,87	1,5	0	0	0	1,24	3,27	2,16	1,34	0	0
$S_{\alpha_{ij}}$	2,75	3,77	2,41	0	4	3,32	0	0	0	3,17	4	3,58	1,81	0	0
$S_{\beta_{ij}}$	1,42	1,52	2,58	0	3,12	1,5	0	0	0	1,24	2,16	2,02	1,34	0	0
S_{ij}	3,9	5,75	6,22	0	12,49	4,98	0	0	0	3,94	8,63	7,24	2,42	0	0
k	0,9														
S_j	55,57														
S'_j	3,7														
Ксреднее	25,93														

Классификация качества воды по степени загрязненности осуществляется с учетом следующих данных: комбинаторного индекса

загрязненности воды, числа КПЗ воды, коэффициента запаса k , количества учтенных в оценке ингредиентов и показателей загрязненности.

Вывод. Анализируя расчётные данные и классификацию качества воды водотоков по значению удельного комбинаторного индекса, представленную в приложении К РД 52.24.643-2002, можно сделать вывод о том, что степень загрязнённости воды в реке Казанке в её естественном состоянии оценивается как высокая и относится к 4а классу — «грязная».

Превышение предельно допустимых концентраций было зафиксировано в воде реки Казанки по четырём компонентам химического состава из пятнадцати определяемых показателей, а именно: железо, марганец, сульфаты и фенол.

Коэффициент комплексности загрязнённости воды, полученный в результате анализа, составил 55,57 %. Это указывает на высокую степень комплексности загрязнения воды в реке Казанке.

Данный факт свидетельствует о значительном и устойчивом воздействии загрязняющих веществ на водоём.

Список использованной литературы

1. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2023г.: государственный доклад. – Казань: Министерство экологии и природных ресурсов РТ, 2023.
2. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ КАТИОНОИММОБИЛИЗИРУЮЩЕГО СОРБЦИОННОГО БИОПРУДА В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

Самодолов Александр Павлович, ассистент,

Ульрих Дмитрий Владимирович, д-р техн. наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Санкт-Петербург, e-mail:*

dulrikh@lan.spbgasu.ru

Лонзингер Татьяна Модровна, канд. техн. наук, доцент

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», e-

mail: lonzingertm@susu.ru

Аннотация. *Кислые стоки горнодобывающих предприятий оказывают долгосрочное разрушительное воздействие на реки, ручьи, водную флору и фауну, так как содержат тяжёлые металлы в растворимой подвижной форме. Наиболее перспективным методом, не требующим больших капитальных затрат, по мнению авторов, является метод создания катионоиммобилизирующего сорбционного биопруда.*

Ключевые *катионоиммобилизирующий сорбционный биопруд, тяжёлые металлы, поллютанты, предприятия горнодобывающие, сорбенты.*

ON THE ISSUE OF THE USE OF CATIONIC IMMOBILIZING SORPTION BIOPRUD IN WASTEWATER TREATMENT

Samodolova O.A.^{1,2}, Ulrikh D.V.¹, Lonzinger T.M.²

*¹St Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint
Petersburg*

²South Ural State University, Chelyabinsk

Annotation. *Acidic wastewater from mining enterprises has a long-term destructive effect on rivers, streams, aquatic flora and fauna, as it contains heavy metals in a soluble mobile form. According to the authors, the most promising method that does not require large capital expenditures is the method of creating a cation-immobilizing sorption bioprud.*

Key words: *cationic immobilizing sorption bioprud, heavy metals, pollutants, mining enterprises, sorbents.*

Введение

Развитие человечества и технологий неразрывно связаны между собой. Каждое новое открытие или технологический прорыв меняет образ жизни, ускоряет экономический рост и формирует новые отрасли промышленности и экономики. Первая промышленная революция, начавшаяся в XVIII веке в Великобритании, привела к появлению фабрик, которым требовалось всё больше и больше ресурсов, в том числе и ископаемых. Индустриализация ускорила рост городов, повысила уровень жизни населения и привела к дальнейшему увеличению потребности в ресурсах. На ранних стадиях добычи природных ископаемых, ущерб, наносимый окружающей среде, нивелировался способностью экосистем к самоочищению, но во времена научно – технической революции ситуация кардинально изменилась.

В середине 50-60-х годов прошлого столетия в связи с послевоенным промышленным бумом и масштабными геологоразведочными работами на крупнейших месторождениях полезных ископаемых начали расти объемы добычи угля и металлов. Разработка массивов месторождений полезных ископаемых, таких как медь, золото, вольфрам и др., привела к значительному загрязнению территорий, засорению подземных вод, заболачиванию рек и водоемов. В районах горнодобывающих предприятий появились зоны полного разрушения экосистем. Из-за высокой подвижности растворимых поллютантов, которые присутствуют в стоках предприятий,

происходит неконтролируемое распространение загрязнителей через грунтовые воды в водоёмы (реки, озёра, пруды и т.д).

Целью статьи является анализ наиболее перспективных энергоэффективных методов очистки водоёмов от тяжёлых металлов.

Основные проблемы и методы решения проблемы

Наиболее распространёнными загрязнителями рудничных вод, горнодобывающих предприятий, оказывающих максимально негативное влияние на окружающую среду, считаются хлористые соединения и свободная серная кислота, которой сопутствуют растворимые соли, главным образом сульфаты тяжёлых металлов [1–5].

Для решения проблемы загрязнения водоёмов тяжёлыми металлами предложено множество способов. К основным современным методам переработки техногенных сточных вод горнодобывающих предприятий относят фиторемедиацию, адсорбцию/абсорбцию, ионный обмен, электродиализ, флотацию, электрофлотацию, электрокоагуляцию и обратный осмос. Большинство из этих методов существенные недостатки: необходимость строительства очистных сооружений, использование дорогого специального оборудования и комплектующих, химических реагентов, дополнительно загрязняющих окружающую среду, высокие энергозатраты, капитальные вложения для реализации технологий.

По мнению авторов, в настоящее время, самым энергоэффективным, легкорезализуемым, не требующим больших капитальных затрат методом очистки является метод ремедиации стоков и создания катионоиммобилизирующих сорбционных биопрудов. Понятие катионоиммобилизирующий сорбционный биопруд (КСБ), введено Самодоловым А. П, как сооружение, предназначенное для перевода катионов поллютантов в неподвижные формы за счет их перехода в сорбенты и клеточные структуры растений.

Главным недостатком существующих технологий ремедиации является необходимость использования дополнительного оборудования и технологий для переработки растительных остатков, содержащих тяжёлые металлы, после отмирания растений в биологических прудах. Исключение этой стадии приводит к дальнейшему распространению в экосистеме загрязнителей через грунтовые и подземные воды.

При использовании КСБ эта проблема решается без перемещения растительных остатков и дополнительных затрат на переработку и утилизацию за счёт размещения сорбентов, обладающих необратимой сорбцией катионов тяжёлых металлов на дне пруда. Сорбенты решают задачу связывания и удаления из окружающей среды тяжёлых металлов, находящихся в растениях после их отмирания.

КСБ – это легкорезализуемый проект, не требующий значительных капитальных затрат, для его энергоснабжения требуется только энергия солнца. КСБ имеет все достоинства и нивелирует недостатки биопруда.

Выводы

Кислые стоки горнодобывающих предприятий могут оказывать долгосрочное разрушительное воздействие на реки, ручьи, водную флору и фауну, так как содержат тяжёлые металлы в растворимой подвижной форме. Сложность проведения экологических мероприятий по реабилитации водных объектов и территорий связана с их большой протяжённостью и значительными затратами на строительство и эксплуатацию очистных сооружений. Авторами предложен перспективный метод создания катионоиммобилизирующих сорбционных биопрудов для очистки от поллютантов сточных вод горнодобывающих предприятий. Преимуществами метода являются: минимальные капитальные затраты, отсутствие необходимости в дополнительных источниках энергии (энергоэффективность), исключение необходимости использования

дополнительного оборудования и технологий для переработки растительных остатков, содержащих тяжёлые металлы.

Список использованной литературы

- 1) Олизаренко В.В., Мингажев М.М. Рудничный водоотлив при обработке медно–колчеданных месторождений Южного Урала // Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. –252с.
- 2) Шадрунова И.В., Самойлова А.С., Глухова А.Ю. Гидроминеральные медьсодержащие георесурсы Урала // Магнитогорск: Минитип, 2006. – 156 с.
- 3) Малышев Ю.Н., Айруни А.Т., Куликова Е.Ю. Физико–химические процессы при добыче полезных ископаемых и их влияние на состояние окружающей среды // Москва : Издательство Академии Горных Наук, 2002. –С. 270.
- 4) Абдрахманов Р.Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана // Уфа: Информреклама, 2005. –344 с.
- 5) Абдрахманов Р.Ф., Ахметов Р.М. Влияние техногенеза на поверхностные и подземные воды башкирского Зауралья и их охрана от загрязнения и истощения // Геологический сборник, 2007. – № 6. – С. 266–269.

УДК 556.06:551.482.212

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ ДЛЯ ФИТОДЕСТРУКЦИИ СТОЧНЫХ ВОД

Самодолова Олеся Александровна, ассистент,

Ульрих Дмитрий Владимирович, д-р техн. наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Санкт-Петербург, e-mail:*

dulrikh@lan.spbgasu.ru

Лонзингер Татьяна Мопровна, канд. техн. наук, доцент

*ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
(НИУ)», e-mail: lonzingertm@susu.ru*

***Аннотация.** Цель данной работы - исследование биоаккумулятивной способности и оценка возможности использования ряда многолетних*

травянистых растений в качестве растений-биоаккумуляторов тяжелых металлов из поверхностных сточных вод селитебных территорий при помощи метода фитодеструкции.

Ключевые слова: *фитодеструкция сточных вод, растения-биоаккумуляторы, биоинженерные сооружения, тяжелые металлы.*

THE USE OF PLANT ORGANISMS FOR PHYTODESTRUCTION OF WASTEWATER

Samodolova O.A.^{1,2}, Ulrikh D.V.¹, Lonzing T.M.²

¹St Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg

²South Ural State University, Chelyabinsk

Annotation. *The purpose of this work was to study the bioaccumulative capacity and evaluate the possibility of using a number of perennial herbaceous plants as bioaccumulative plants for heavy metals from surface wastewater from residential areas using the phytodestruction method.*

Key words: *phytodestruction of wastewater, bioaccumulative plants, bioengineering facilities, heavy metals.*

Введение. Современный этап развития человечества характеризуется развитием технологий, появлением новых отраслей промышленности и в результате глобальным разрушением окружающей среды. Антропогенная деятельность человечества привела к деградации водных систем. Реки и озера испытывают небывалую нагрузку, и теряют способность к самоочищению, тем самым ухудшая качество жизни как самих людей, так и всех живых существ, связанных с данными водоемами. Особенно это характерно для селитебных территорий больших городов. Помимо непосредственного воздействия производств на состояние окружающей среды, их отходы в виде водорастворимых соединений, пыли, взвешенных

веществ, нефтепродуктов переносятся в водные объекты с поверхностными сточными водами. Одними из наиболее опасных загрязнителей являются тяжелые металлы. В настоящее время в России основной объем сточных вод попадает в водоемы неочищенными, либо применяются классические методы очистки, которые характеризуются высокой стоимостью и энергетическими затратами. Для достижения высокой степени очистки используются химические реагенты, флокулянты и коагулянты, которые после использования необходимо утилизировать. В качестве альтернативы перечисленным методам очистки поверхностных сточных вод можно рекомендовать использование биоинженерных сооружений, которые прекрасно вписываются в архитектуру селитебных территорий и могут служить местом отдыха горожан. Например, дождевые сады, расположенный по берегам рек, озёр, прудов, искусственных городских водоёмов очищают сточные воды до требуемых значений ПДК и существенно снижают антропогенную нагрузку на водоемы. При создании дождевого сада используются специально подобранные растения-фитодеструкторы разлагающие загрязнители в поверхностных сточных водах. Существует ряд исследований, доказывающих такую возможность [1-4].

В настоящее время актуальны исследования, направленные на поиск растений, адаптированных к климатическим условиям РФ и позволяющих очищать поверхностные сточные воды урбанизированных территорий от загрязнителей, в составе биоинженерных сооружений.

Целью данной работы было исследование биоаккумулятивной способности и оценка возможности использования многолетних травянистых растений, в качестве растений-биоаккумуляторов тяжелых металлов из поверхностных сточных вод селитебных территорий.

Результаты исследования

В качестве исследуемых растений-биоаккумуляторов были отобраны растения, отвечающие следующим требованиям: влаголюбивые,

неприхотливые многолетние травянистые растения с приятным внешним видом: канареечник (лат. *Phalaris arundinacea*), мята полевая (лат. *Mentha arvensis* L.), душица обыкновенная (лат. *Origanum vulgare* L.), хоста (лат. *Hosta*).

В качестве очищаемой сточной воды была использована смешанная проба поверхностного (ливневого) стока крупного промышленного города – Челябинска, состав которой представлен в таблице 1.

Таблица 1

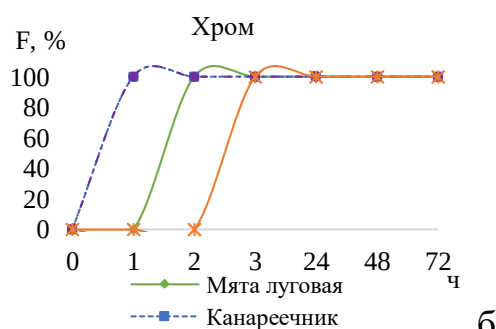
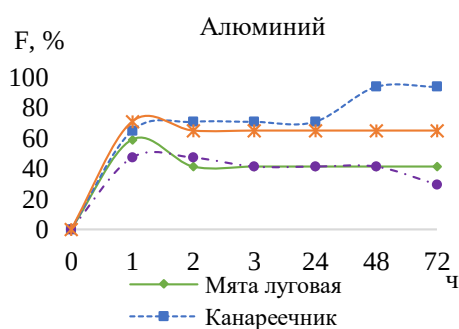
Химический состав поверхностного стока

Элемент	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	pH
Содержание в городском поверхностном стоке, мг/л	2,707	0,01	0,028	2,624	0,307	0,41	0,286	6,43

Химический состав поверхностного стока селитебной территории, представленный в таблице 1, не соответствует требуемым к сбросу в водный объект ПДК, и соответственно нуждается в очистки.

Оценка эффективности процесса разложения, удаления и биоаккумуляция проходила в статических условиях при заданных временных интервалах (1-72 часа) и постоянной температуре 20 °С. Растения помещались в цилиндры и заливались стоком.

Полученные результаты представлены на рисунке 1.



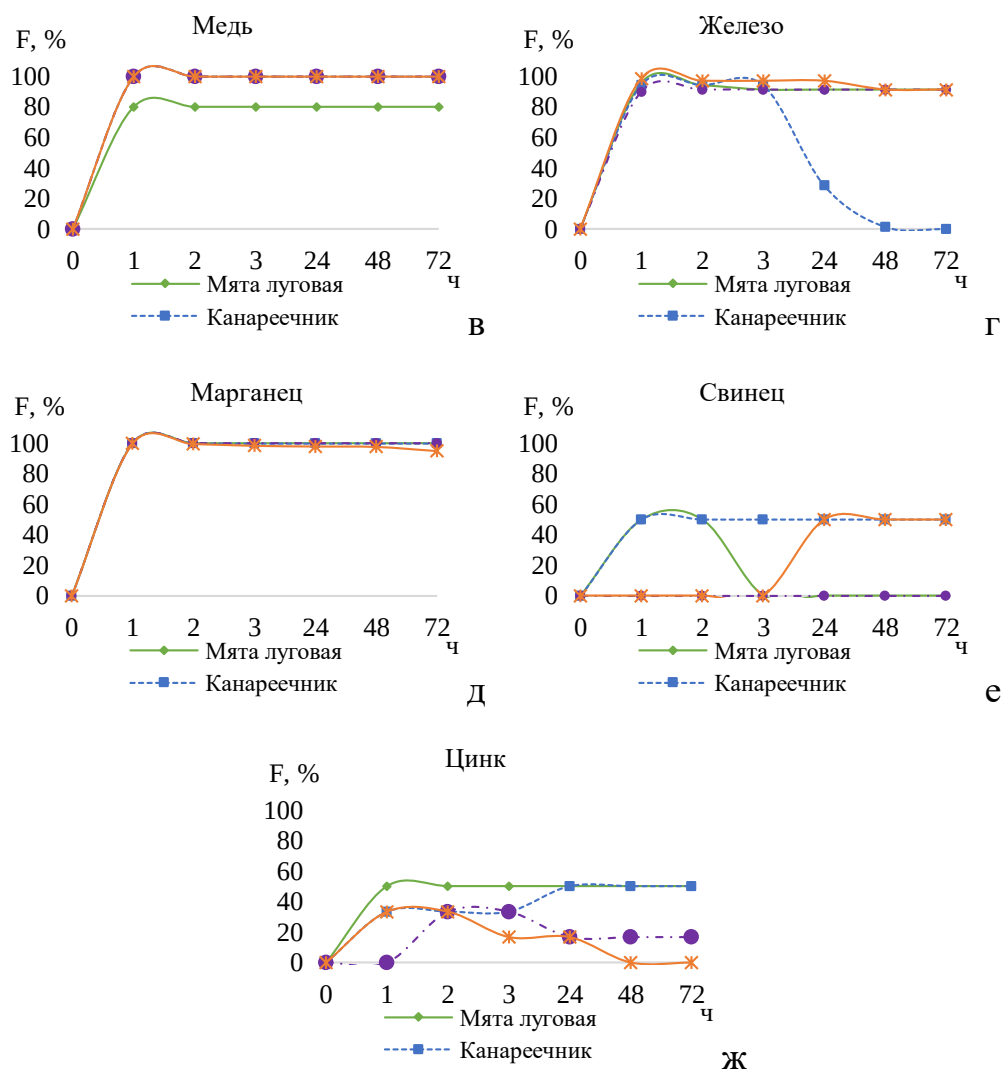


Рис. 1. Эффективность очистки металлов растениями, %: а) алюминия; б) хрома; в) меди, г) железо; д) марганца; е) свинца; ж) цинка

Анализ полученных результатов показал, что наибольшей биоаккумуляционной способностью по отношению к алюминию обладает растение канареечник (94%), при времени экспозиции свыше 48 часов. Меньшую эффективность имеет душица обыкновенная (29-47%), причем необходимо учитывать, что при более длительном контакте растения со стоком, эффективность падает.

При извлечении хрома из поверхностных сточных вод достигнутая эффективность для всех исследованных растений равна 100%, но канареечник и душица обыкновенная показали этот результат через 1 час, мята луговая через 2 часа, и хоста через 3 часа. Биоаккумуляция меди

канареечником, душицей обыкновенной, хостой составляет 100%, независимо от времени экспозиции. Единственное растение с результатом менее 100%, всего 80% — это мята луговая. Необходимо отметить, что для всех растений при извлечении железа получены результаты свыше 90%. При извлечении из поверхностных сточных вод марганца три растения показали максимально возможный результат-100% (канареечник, мята луговая, душица обыкновенная). Эффективность биоаккумуляционной способности хосты немного ниже от 95-100%. Интересные результаты получены по удалению свинца: канареечник позволяет извлечь поллютант на 50% при любом времени экспозиции, мята луговая справляется так же на 50%, но время экспозиции должно составлять 1-2 часа, хоста в течение 24- 72 часов извлекает 50% поллютанта, а душица обыкновенная не способна извлекать свинец из сточных вод. Полученная эффективность извлечения цинка составляет 50%, лучшие результаты выявлены по мяте луговой – 50% при любом времени контакта, канареечник имеет показатель эффективности, увеличивающийся в зависимости от времени контакта от 33-50%.

На рисунке 2 приведена зависимость водородного показателя от времени контакта в системе растение – поверхностный сток.

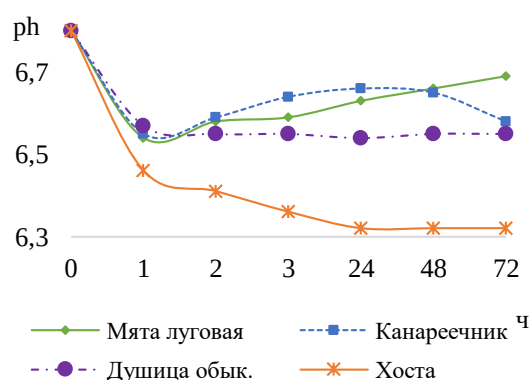


Рис. 2. Изменение pH при изменении времени контакта растений со сточной водой

Установлено, что после контакта поверхностного стока с растениями-биоаккумуляторами происходят незначительные изменения водородного показателя. Более высокий прирост pH зафиксирован при контакте сточной

воды с мятой луговой, а снижение pH наблюдалось при исследовании хосты (рис. 2).

Выводы

Исследована эффективность биоаккумуляции растениями ряда металлов (Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn) при очистке поверхностных сточных вод с селитебных территорий.

Показана высокая степень извлечения этих металлов исследуемыми растениями, при наличии признаков адаптации растений к неблагоприятным условиям.

Отмечена различная степень эффективности биоаккумуляции растениями поллютантов, что позволяет применять синергетический эффект при комбинации данных растений в различных соотношениях в зависимости от химического состава поверхностных сточных водах селитебных территорий.

Список использованной литературы

1. Белецкая, С. Г. Анализ эффективности элодеи канадской для ремедиации водной среды от тяжелых металлов в сравнении с другими растениями / С. Г. Белецкая // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий: В 2 томах, Абакан, 26–28 ноября 2014 года. – Абакан: Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова. 2014. – С. 8-9.
2. Ридигер, А. В. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованием водных растений в биоинженерных сооружениях "биоплато" / А. В. Ридигер, А. В. Горбунов, А. Н. Романкова // Дельта науки. – 2018. – № 2. – С. 102-105.
3. Чачина, С. Б. Использование высших водных растений: эйхорнии, ряски малой и валлиснерии спиралевидной для доочистки сточных вод ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ» // ОНВ. 2011. №1 (104). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-vysshih-vodnyh-rasteniy-eyhornii-ryaski-maloy-i-vallisnerii-spiralevidnoy-dlya-doochistki-stochnyh-vod-oao-gazpromneft-onpz> (дата обращения: 09.04.2025).
4. Создание консорциума высших водных растений и микроводорослей для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов / Н. Р. Акмуханова, Б. К. Заядан, А. К. Садвакасова [и др.] // Физиология растений. – 2018. – Т. 65, № 1. – С. 73-80. – DOI 10.7868/S0015330318010086.

О КАЧЕСТВЕ И БЕЗОПАСНОСТИ ДОЖДЕВОЙ ВОДЫ

Шагиахметова Айгуль Раифовна, аспирант,

Гумеров Тимофей Юрьевич, д-р. тех. наук, проф.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», e-mail: tt-timofei@mail.ru,

Клинцова Анастасия Константиновна, студент

ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», e-mail: lapichi1@list.ru

Аннотация. В работе показана взаимосвязь между деятельностью в карьере северо-востока Республики Татарстан и показателями качества (безопасности) дождевой воды. Авторами проанализированы физико-химические свойства образцов воды, изучены показатели электропроводности, pH, общего содержания твердых частиц и растворенных веществ, мутности, общего содержания фосфора, а также нитратов. Проведенный анализ показал общее соответствие нормам качества дождевой воды с незначительным отклонением по содержанию цинка и меди.

Ключевые слова: вода, безопасность, мутность, содержание фосфора, ксенобиотики.

ABOUT THE QUALITY AND SAFETY OF RAINWATER

Shagiakhmetova A. R.¹ Klintsova A. K.², Gumerov T.Yu.¹

¹Kazan National Research Technological University, Kazan

²Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

Annotation. The paper shows the relationship between quarry activity (northeast of the Republic of Tatarstan) and rainwater quality and safety

indicators. The authors analyzed the physical and chemical properties of water samples, studied electrical conductivity, pH, total solids and dissolved solids, nitrates, turbidity and total phosphorus content. The analysis showed general compliance with rainwater quality standards with minor deviations in zinc and magnesium content.

Keywords: water, safety, turbidity, phosphorus content, xenobiotics

Введение. Вода – незаменимый элемент земной коры, щедро предоставленный человечеству для множества целей. Глобальное значение воды невозможно переоценить, так как это жизненно важный питьевой ресурс, используется в бытовых, сельскохозяйственных и строительных работах, способствует росту растений, их орошению, применяется в борьбе с пылью и т.д.

Несмотря на то, что вода покрывает 71 % земной коры, доступность питьевой воды относительно ограничена. Около 1 % пресной воды является особенно чистой и легкодоступной, причем, бóльшая часть скрыта в ледниках. Уникальность воды заключается в ее незаменимости, особенно для повседневного функционирования всех живых организмов при отсутствии непосредственной альтернативы. Несмотря на критическую важность воды для человечества, её качество все больше ухудшается из-за многочисленных факторов. Антропогенные воздействия являются основными причинами загрязнения открытых водоемов, включая промышленные стоки, разработку карьеров и добычу полезных ископаемых, нерегулируемый сброс отходов, выщелачивание пестицидов и гербицидов.

Нельзя недооценивать негативное воздействие карьерных работ на загрязнение поверхностных и подземных вод, поскольку они усугубляют присутствие тяжелых металлов в окружающей среде, тем самым ставят под угрозу ее экологичность.

Такие параметры, как мутность, уровень pH, общая жесткость, общее количество растворенных веществ и электропроводность, среди прочих, являются важнейшими показателями безопасности воды для употребления в пищу. Любое отклонение от этих параметров делает воду непригодной для использования по назначению. Загрязнение воды может происходить как из прямых, так и из косвенных источников, что требует всестороннего понимания этой проблемы.

В работе рассмотрены некоторые аспекты загрязнения на участках карьера с целью сравнения влияния производственной деятельности на качество дождевой воды и оценки соблюдения рекомендуемых стандартов водопользования.

Карьерная промышленность стимулирует развитие множества направлений за счет добычи и использования природных ресурсов. Преимущества карьерной промышленности обширны, включая создание рабочих мест и предоставление необходимых строительных материалов. Эта отрасль поставляет сырье для производства стекла, бумаги и мела. Тем не менее, неблагоприятные последствия разработки карьеров, начиная от выемки грунта и взрывных каменных работ и заканчивая процессами дроблением, в значительной степени подвергают природную среду серьёзным угрозам, осложняя экологическую устойчивость.

Эксплуатация карьеров способствует шумовому загрязнению и ухудшению качества воды, воздуха и почвы. Более того, естественная склонность воды поглощать загрязняющие вещества делает ее особенно уязвимой. Тяжелые металлы, сбрасываемые в результате разработки карьеров, проникают в поверхностные и подземные воды путем выщелачивания и прямого стока дождевых осадков, тем самым ухудшая качество воды и делая ее непригодной для потребления и других целей.

Дождевая вода рассматривается как ценный ресурс и может быть использована для различных целей, включая стратегии управления водными

ресурсами и механизмы преодоления её дефицита. Дождевая вода, собранная в районах карьеров, требует тщательного рассмотрения, так как содержащиеся тяжелые металлы, могут повлиять на ее качество и безопасность.

Цель работы: проанализировать взаимосвязь между эксплуатацией карьера и качеством дождевой воды, а также оценить влияния карьера на физико-химические свойства дождевой воды.

Деятельность карьера – это многогранное предприятие, включает в себя ряд мастерских, электростанцию, цех взвешивания и инспекции, а также эксплуатацию тракторов, экскаваторов, установок для бурения, дробления и транспортировки.

Дождевая вода была собрана в специальные контейнеры (трехлитровые емкости), которые после наполнения закрывались крышками и перемещались в темное место.

Контейнеры были промаркированы и расставлены на расстоянии 20 м, 50 м, 70 м и 100 м (контрольная точка) от участка карьера. Содержание тяжелых металлов анализировалось с помощью пламенного атомно-абсорбционного спектрофотометра.

Пределы обнаружения тяжелых металлов (с), мл/л и длина волны (λ), нм:

Кадмий: $c = 0,0027$ и $\lambda = 230$;

Хром: $c = 0,006$ и $\lambda = 360$;

Цинк: $c = 0,004$ мг/л и $\lambda = 215$ нм;

Свинец: $c = 0,013$ и $\lambda = 220$ нм;

Медь: $c = 0,0019$ и $\lambda = 290$ нм.

Определены следующие физико-химические свойства дождевой воды: электропроводность, pH, общее содержание твердых частиц и растворенных веществ, нитраты, мутность и общее содержание фосфора.

Электропроводность определяли с помощью измерителя электропроводности с использованием стандартного раствора хлорида калия при комнатной температуре (ГОСТ 52501-2005). Методика включала последовательное погружение электрода в каждый образец.

pH образцов измеряли цифровым pH-метром и калибровкой буферными растворами с pH = 4 и 9, путем последовательного погружения электрода в образцы (ГОСТ ISO 10523-2017). Электроды промывали дистиллированной водой и высушивали перед погружением в очередной образец.

Для определения общего содержания твердых веществ выпаривали по 50 мл образцов воды при температуре 115 °С. После выпаривания посуду охлаждали в эксикаторе. По разности массы пустой посуды до выпаривания и после определяли содержания твердых веществ с помощью гравиметрического метода.

Определение взвешенных частиц осуществляли путем фильтрования 50 мл воды каждого образца через бумажный фильтр, который предварительно был взвешен. Далее, фильтры высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу и ещё раз определяли их массу, увеличение которой свидетельствовало о содержании взвешенных частиц (мг/л).

Определение общего содержания растворенных веществ рассчитывали как разницу между общим содержанием твердых веществ и взвешенных частиц.

Определение нитратов (NO_3^-) проводили методом ультрафиолетового спектрофотометрического скрининга на длине волны 220 и 275 нм. С помощью калибровочной кривой определяли концентрацию NO_3^- для каждого образца.

Оценка мутности осуществляли нефелометрическим методом по ГОСТ Р 57164-2016 и выражали в формазиновых единицах (ЕМФ).

Определение общего фосфора проводили с помощью HClO_4 и Na_2CO_3 с последующим колориметрическим определением на спектрофотометре при длине волны 420 нм (ГОСТ18309-2014). Полученные данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Свойства и химический состав дождевой воды

Показатели	1 точка, 20 м	2 точка, 50 м	3 точка, 70 м	4 точка, 100 м	Норматив	Результаты
Температура, °С	24,3	24,9	25,7	25,1	-	-
Электропроводность, мкСм/см	105	115	120	125	200–500	в пределах нормы
pH	6,6	7,2	6,9	7,5	6.5–8.5	
Общее содержание твердых веществ, мг/л	55	67	69	55	100	
Общее содержание растворенных веществ, мг/л	65,5	55,7	49,2	45,5	500	
NO ₃ ⁻ , мг/л	39,1	35,3	42,1	29,9	45	
Мутность, ЕМФ	1,1	1,6	2,0	2,1	< 2,6	
Общий фосфор, мг/кг	2,8	2,1	2,7	1,9	< 3,5	
Содержание тяжелых металлов, мг/л						
Кадмий	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	
Хром (III) / (VI)	0,3/0,01	0,4/0,01	0,4/0,03	0,2/0,02	0,5/0,05	
Цинк	5,5	5,7	5,2	5,6	5,0	превышает норму
Свинец	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	в пределах нормы
Медь	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	превышает норму

Полученные данные подтверждают вывод, что физико-химические свойства анализируемой дождевой воды соответствуют установленным нормативам и позволяют предположить ее пригодность не для питьевого использования. Однако необходимо проводить дальнейшие исследования, чтобы полностью оценить её пригодность для других целей.

Вода, как один из наиболее важных и широко распространенных параметров окружающей среды, очень восприимчива к загрязнению различными способами. Её склонность к накоплению загрязняющих веществ не имеет себе равных. Исследование показало, что дождевая вода, собранная в карьере, демонстрирует более высокое осаждение цинка и медь. Риски, связанные с употреблением воды, обогащенная Zn и Cu, в значительной степени распространяются на здоровье человека, поскольку эти металлы

относятся к категории опасных веществ, способных оказывать вредное воздействие. Цинк, высокотоксичный, связан с различными расстройствами, такими как рак, диабет, заболевания почек и сердца. Медь, как любой тяжелый металл, имеет свойство накапливаться в организме человека и вызывать тяжелые последствия.

Антропогенная деятельность, включая урбанизацию, сельское хозяйство и утилизацию отходов, приводит к попаданию загрязняющих веществ, таких как тяжелые металлы, пестициды и химические вещества в водоемы через сток и неправильное обращение с отходами. Поддержка этой точки зрения подтверждает широкомасштабное диффузное загрязнение, которое со временем приводит к ухудшению качества воды. Профессиональная деятельность, особенно в горнодобывающей промышленности, строительстве и производстве, часто приводит к локализованным и серьезным негативным событиям. Например, при добыче полезных ископаемых тяжелые металлы (Cd, Cr, Zn, Pb, Cu) попадают в водные источники и создают прямую опасность для рабочих и близлежащих населенных пунктов.

Аналогичным образом, промышленная деятельность, охватывающая химическое производство, металлообработку и производство энергии, является значительным точечным источником загрязнения. В результате этих мероприятий в водные объекты попадают сложные смеси опасных и токсичных веществ. Это требует серьезного нормативного контроля и передовых технологий обработки для смягчения опасных последствий. Особый характер и серьезность загрязнения вод в результате любой деятельности подчеркивают необходимость комплексных и целенаправленных стратегий предотвращения загрязнения и борьбу с ними. Поэтому эффективное управление должно включать в себя соблюдение правил, внедрение инновационных технологий очистки и информирование общественности о последствиях негативного воздействия на водные ресурсы.

Пробы дождевой воды, собранные на разном расстоянии от карьера, были проанализированы с использованием стандартных методов анализа. Физико-химические параметры образцов показали общее соответствие нормативам качества, однако повышенные уровни цинк и меди во многих точках превышали рекомендуемые нормы. Хром, кадмий и свинец оказали минимальное влияние. Дождевая вода считается небезопасной для употребления в пищу из-за загрязнения тяжелыми металлами, что требует альтернативных источников чистой воды для населения. Повышенные уровни токсичных загрязнителей создают значительные риски для окружающей среды и здоровья граждан, влияя на местные источники воды, биоразнообразие, качество почвы и снижая производительность сельского хозяйства. Здоровье человека находится под угрозой из-за употребления загрязненной воды. В работе подчеркивается необходимость устойчивого управления карьерами, более строгих правил и просвещения общественности для смягчения ущерба окружающей среде и защиты здоровья населения.

Список использованной литературы

1. Approaches to ecological education for future engineers / E. V. Muravyeva, E. I. Zagrebina, T. Y. Gumerov [et al.] // *Man in India*. – 2017. – Vol. 97, No. 15. – P. 83-91
2. Temitope Mary Taiwo, Timothy Oyebamiji Ogunbode. Analysis of rainwater quality in a quarry site in southwestern Nigeria // *Frontiers in Environmental Engineering*. 10.01.2025. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2024.1496960/full> (дата обращения: 10.04.25).
3. Gumerov, T. Y. Assessment of risk associated with drinking water with respect to indicators of olfactory and reflex effect / T. Y. Gumerov, L. N. Gorina, L. Z. Gabdukaeva // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety - 6. Analysis, Assessment and Technologies of Natural and Man-Made Disasters Reduction, Chelyabinsk, 25–27 сентября 2019 года*. Vol. 687, 6. – Chelyabinsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 066027. – DOI 10.1088/1757-899X/687/6/066027

4. Васильева, Д. И. Проблемы разработки русловых карьеров (на примере Винновского месторождения) / Д. И. Васильева, О. А. Селямина // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: Сборник статей 77-ой всероссийской научно-технической конференции, Самара, 26–30 октября 2020 года / Под редакцией М.В. Шувалова. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2020. – С. 283-291.

5. Исмаилов, С. А. Использование дождевой воды абсолютно необходимо / С. А. Исмаилов // Проблемы науки. – 2023. – № 2(76). – С. 12-16. – DOI 10.24411/2413-2101-2023-10201.

6. Falkenmark, M. Water resilience and human life support - global outlook for the next half century / M. Falkenmark // International Journal of Water Resources Development. – 2020. – Vol. 36, No. 2-3. – P. 377-396. – DOI 10.1080/07900627.2019.1693983.

7. Глухова, К. А. Современные технологии биоочистки поверхностных дождевых вод в структуре городской среды / К. А. Глухова, Е. А. Лапшина // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. – 2022. – № 6. – С. 218-226.

8. Управление качеством дробления горной массы при взрывных работах в карьерах / В. И. Ляшенко, В. И. Голик, В. И. Комащенко, А. А. Гурин // Взрывное дело. – 2021. – № 132-89. – С. 108-132.

9. Еззелдин, М. Влияние ливневых паводков на строительство сооружений по сбору дождевой воды / М. Еззелдин, Е. К. Синиченко, И. И. Грицук // Строительство: наука и образование. – 2023. – Т. 13, № 2. – С. 102-116. – DOI 10.22227/2305-5502.2023.2.7.

УДК 504

ВЕРМИТЕХНОЛОГИИ В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД, ПЕРЕРАБОТКЕ И УТИЛИЗАЦИИ ИХ ОСАДКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА

Гущина Юлия Андреевна, канд. с-х. наук, доцент

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск

dzhenisya@susu.ru,

Ульрих Дмитрий Владимирович, д-р. техн. наук, профессор, Санкт-

Петербургский государственный архитектурно-строительный

университет г. Санкт-Петербург, e-mail: dulrikh@lan.spbgasu.ru

Аннотация. В работе представлено предложение по рекомендации использования вермитехнологии на предприятиях агропромышленного сектора, в таких направлениях как очистка сточных вод с использованием биологических объектов и утилизации их осадков с переработкой в полезные органические компоненты для агросферы.

Ключевые слова: вермибиофльтрация, вермикомпостирования, осадки сточных вод, ферментирование.

PROSPECTS OF USING A RANGE OF VERMITECHNOLOGY DIRECTIONS AT ENTERPRISES OF THE AGRO-INDUSTRIAL SECTOR

Gushchina J.A.¹, Ulrikh D.V.²

¹ South Ural State University, Chelyabinsk

² St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St.
Petersburg

Annotation. The paper presents a proposal to recommend the use of vermitechnology in enterprises of the agro-industrial sector, in such areas as wastewater treatment using biological objects and the disposal of their sediments with processing into useful organic components for the agricultural sphere.

Keywords: vermibiofiltration, vermicomposting, sewage sludge, fermentation.

Введение. В настоящее время на многих предприятиях агропромышленного сектора, таких как фермы по разведению крупного рогатого скота, птицефермы, мясокомбинаты, молокозаводы и др. для очистки сточных вод используется системы локальных очистных сооружений, на площадке которых планируется реализация технологии глубокой очистки и доочистки сточных вод.

Для полной надежности всего технологического процесса, более предпочтительно удалять загрязнения с минимальным количеством технологических операций, и минимально достаточным количеством оборудования.

Внедрение принципов использования биотехнологий в очистке сточных вод отраслей сельскохозяйственного производства и удалении их осадков поможет не только сократить затраты на оборудование, но и улучшить качественные показатели воды после их очистки с возможностью их повторного использования [1-2].

Очень перспективными являются методы очистки сточных вод, переработки и утилизации осадков сточных вод, основанные на использовании биологических объектов, например, червей Дендробена Венета (рис.1).



Рис. 1. Дендробена Венета

Использование рекомендуемого комплекса вермитехнологий, таких как вермибиофильтрация и вермикомпостирование поможет конкурентоспособности агропромышленных предприятий не только благодаря расширению ассортимента выпускаемой продукции (биогумус, биомасса червя), но и за счет рационализации использования этих технологий в направлении очистки сточных вод, переработки и утилизации их осадков.

Для рационализации производства и минимизации технологических операций рекомендуем внедрение в систему локальных очистных

сооружений предприятий агропромышленного сектора комплекса направлений вермитехнологии. Это вермибиофильтрация для доочистки сточных вод и вермикомпостирование для утилизации осадков сточных вод. Рекомендуемый комплекс представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Схема вермибиотехнологии при очистке сточных вод и утилизации их осадков

Вермибиофильтрация необходима для очистки сточных вод с повышенным содержанием органического вещества и азота [3]. В систему локальной очистки будет встроена работа вермибиофилтра, который состоит из следующих компонентов - это несколько фракций гравия, торф нейтрализованный, солома зерновых как компонент для культивирования микрофлоры вермибиофилтра, в виде целлюлозосинтезирующих бактерий, способных разлагать органические вещества.

Комплексом к работе вермибиофильтра будет внедрение площадки вермикомпостирования для утилизации осадков сточных вод.

В настоящее время, в том числе на предприятиях агропромышленного сектора значительно остро стоит проблема утилизации осадков сточных вод. Используемые на очистных сооружениях методы переработки и утилизации осадков сточных, очень трудоемки и энерго- и финансово затратные, в том числе имеют нестабильную экологическую безопасность при их утилизации.

Вермитехнология позволит повысить ресурсосбережение при утилизации осадков сточных вод. **Черви Дендробена Венета**, поглощая осадки сточных вод, (ОСВ) будут выделять вместе с копролитами большое количество собственной микрофлоры, это различные симбиотические бактерии, актиномицеты и простейшие способствующие активному разложению органического вещества, в том числе при прохождении осадков через кишечник червя патогенная микрофлора уничтожается [4-5]. Сама технология утилизации ОСВ с помощью **червей** низкозатратна.

Выводы. Таким образом выбор способа доочистки сточных вод, переработки и утилизации их осадков с использованием биологических объектов будет зависеть от выбора комплекса рекомендуемых направлений вермитехнологии, так как можно с большей эффективностью и меньшей стоимостью заменить многие методы очистки сточных вод и утилизации их осадков на предприятиях агропромышленного сектора.

Список использованной литературы

1. Мухортов Д.И., Ускова В.В. Оптимизация параметров вермикомпостирования осадков сточных вод, различающихся по токсичности // Проблемы экологии и рационального природопользования / Вестник МарГТУ. 2008. №2 - С. 60-71.
2. Покровская, С. Ф. Вермикомпостирование / С. Ф. Покровская, Ф. Б. Прижуков // Земледелие. – 1990. – № 12. – С. 57–59.
3. Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Гречина А.С., Шайхиева К.И. Использование отходов от переработки биомассы овса в качестве сорбционных материалов для удаления поллютантов из водных сред // Экономика строительства и природопользования: [журнал]

/ Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Академия строительства и архитектуры. - Симферополь: КФУ им. В. И. Вернадского, 2018. - № 2(67). - С. 51-60.

4. Ускова, В.В. Определение технологических параметров переработки осадка сточных вод с помощью вермикультуры / В. В. Ускова // Материалы круглого стола «Водные ресурсы. Проблемы и пути их решения», Йошкар-Ола. – 2003. – С. 171–173.

5. Ускова, В.В. Переработка осадков сточных вод с помощью биологических объектов / В. В. Ускова // Междунар. науч.-метод. конфер. «Экология – образование, наука и промышленность». Сборник докладов, ч. 2. – Белгород, 2002. – С. 171–175

УДК 613.31, 614.878

БИОИНДИКАТОРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ВОЗДУХА

Клинцова Анастасия Константиновна, студент

ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Шагиахметова Айгуль Раифовна, аспирант,

Гумеров Тимофей Юрьевич, д-р. тех. наук, проф.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», e-mail: tt-timofei@mail.ru

Аннотация. Методы мониторинга окружающей среды предполагают использование различного оборудования с целью количественной оценки загрязнителей атмосферного воздуха в конкретных регионах и их влияния на население. В работе представлен перечень доступных методов мониторинга окружающей среды на основе природных биоиндикаторов. В качестве биоиндикаторов рассматриваются паутина, лишайники, мхи и *Setcreasea purpurea* (*S. purpurea*), что является потенциальным инструментом для мониторинга загрязнения воздуха. Выделены преимущества и ограничения каждого метода, а также предложены рекомендации по совершенствованию существующих подходов в изучение неблагоприятного воздействия загрязнителей воздуха на здоровье людей.

Ключевые слова: биоиндикаторы, загрязнители воздуха, альтернативный мониторинг.

BIOINDICATORS FOR ASSESSING THE EXPOSURE TO AIR POLLUTANTS

Klintsova A. K.¹, Shagiakhmetova A. R.², Gumerov T.Yu.²

¹Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

²Kazan National Research Technological University, Kazan

Annotation. *Environmental monitoring methods involve the use of various equipment to quantify air pollutants in specific regions and their impact on the population. The paper presents a list of available environmental monitoring methods based on natural bioindicators. The bioindicators considered include spider webs, lichens, mosses, and Setcreasea purpurea (S. purpurea), which is a potential tool for air pollution monitoring. The advantages and limitations of each method are highlighted, and recommendations are offered to improve existing approaches to studying the adverse effects of air pollutants on human health.*

Keywords: *bioindicators, air pollutants, alternative monitoring.*

Введение. Загрязнение воздуха представляет собой значительную угрозу для здоровья людей и является причиной ежегодных преждевременных смертей (по данным ВОЗ). Оценка воздействия загрязнения воздуха на человека имеет решающее значение для понимания потенциальных рисков для здоровья, связанных с взвешенными в воздухе частицами.

Традиционные методы мониторинга загрязнения воздуха и оценки их воздействия на здоровье населения широко используются природоохранными агентствами, научно-исследовательскими институтами и промышленными предприятиями, включающие в себя целый ряд установленных методов и оборудования.

Постоянно появляются эффективные, экономичные и инновационные решения для оценки влияния загрязнителей на местное население в конкретных регионах. Альтернативные методы мониторинга загрязнителей в воздухе и оценка их воздействия на человека (в том числе последствий загрязнения воздуха) часто дополняют традиционные. В работе представлен обзор некоторых методов мониторинга, которые сосредоточены на естественных биоиндикаторах, используемых для оценки загрязнения атмосферного воздуха. Отмечены аспекты методологий, сильные стороны и ограничения.

Биоиндикаторы - различные живые организмы (растения и животные), способные реагировать на изменения условий окружающей среды. Некоторые биоиндикаторы демонстрируют соответствующую реакцию на немедленные или кратковременные колебания уровней загрязнителей в воздухе. Реакция проявляется в виде *острого* воздействия или колебания в течение нескольких часов, дней или недель. Изменения (эффекты), происходящие в течение длительного периода времени характеризуются *хроническим* воздействием загрязнителей на биоиндикаторы и отражают кумулятивный эффект в течение месяцев, лет или даже десятилетий.

Биологический мониторинг дополняется химическим анализом, предоставляя биологическую информацию о воздействии и взаимодействии с загрязнителями. Обобщенная информация о примерах биоиндикаторов, представлена на рисунке 1.

Паутина может быть рассмотрена в качестве надежного и дешевого методом мониторинга различных загрязнителей воздуха, так как частицы пыли попадают внутрь сети: металлы и металлоиды, микроэлементы, полициклические ароматические соединения, диоксины, магнитная восприимчивость, и даже для оценки происхождения загрязняющих веществ (Hose, Rybak, Olejniczak, Rachwał, Rutkowski, Stojanowska, Laaten). Паутина используется от двух до 3 месяцев, является неспецифическим

биоиндикатором для различных загрязнителей воздуха и больше подходит для ПАУ, из-за их химического сродства к фиброину, который является основным компонентом паутины. Предполагается, что органические загрязнители воздуха проникают в сети глубже, чем другие (механизм накопления недостаточно изучен).

Паутина является неселективной, т.е. может накапливать различные загрязняющие вещества, как в долгосрочном, так и в краткосрочном мониторинге. Главным препятствием является микроструктура паутины, которая затрудняет её сбор и анализ. Паутина считается инструментом биомониторинга в предварительных исследованиях воздуха, для обозначения наиболее загрязненных районов – «горячих точек», с последующим применением более традиционных методов детального и доступного мониторинга.

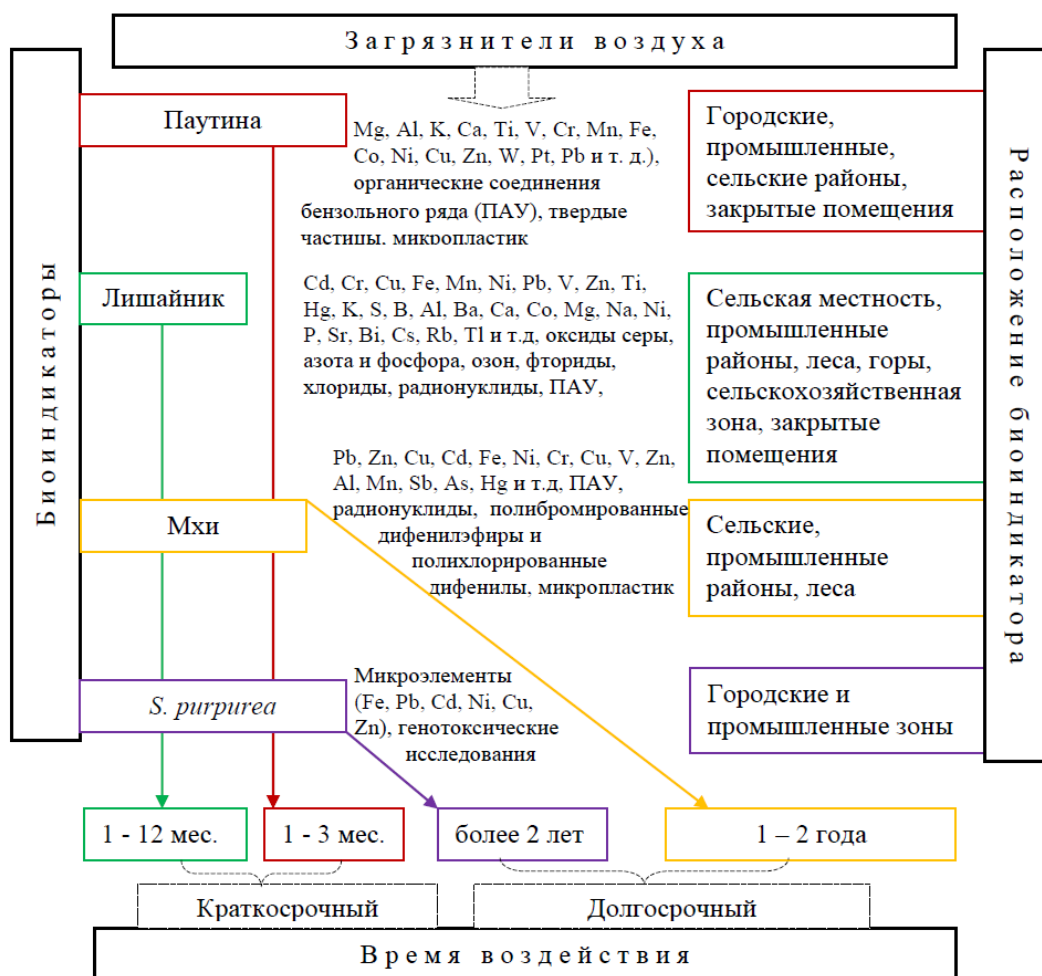


Рис. 1. Примеры биоиндикаторов и их реакция на загрязнители

Лишайники применяются для оценки различных типов загрязнений, подобно паутине. Лишайники не имеют кутикулы и корней для поглощения воды, и минералов, поэтому зависят от атмосферных осадков. Наличие одного вида лишайников на определенном участке может свидетельствовать о хорошем качестве воздуха. Физиологические параметры, такие как фотосинтез, уровень хлорофилла и биodeградация хлорофилла, дыхание и т.д., используются для мониторинга загрязнения окружающей среды лишайниками. Обнаружена положительная корреляция между содержанием серы, озона и азота в лишайниках и SO_2 , NO_x , O_3 в воздухе. Кроме того, лишайники являются очень хорошими биоаккумуляторами микроэлементов. Для других загрязнителей атмосферы, таких как фториды, хлориды, полихлорированные дибензодиоксины и полихлорированные дибензофураны, применение лишайников очень редко. Лишайники не специфичны для различных загрязнителей воздуха, их применение для оценки содержания SO_2 , NO_x , O_3 в воздухе, а также уровня биоаккумуляции микропримесей металлов представляется наиболее популярным.

Данный метод имеет несколько ограничений: 1) лишайники могут достигать точки насыщения, при которой загрязняющие вещества больше не поглощаются; 2) использование лишайников может быть ограничено неблагоприятными погодными условиями; 3) чувствительность лишайников к диоксиду серы может быть дополнительным препятствием.

Мхи подобно лишайникам не имеют корней и эпидермиса, что делает их зависимыми от атмосферных отложений. Они в изобилии распространены в различных средах, что делает их очень хорошими биоиндикаторами. Мхи применяются для оценки осаждения металлов и азота на естественных участках или пересадкой на исследуемую территорию.

Ограничением является труднодоступность в зимнее время при большом обилие снега или высыхание мхов в жарких условиях.

Биомониторинг с использованием мхов определяет только очаги концентрации ртути и изменения в их пространственном распределении.

Некоторые растения-биоиндикаторы могут быть чувствительны только к одному типу загрязнителей, а другие реагируют на широкий спектр стрессоров.

Растения используются для мониторинга загрязнений с помощью активных методов – их пересадка в исследуемую территорию на определенный период времени. Многолетнее вечнозеленое декоративное растение *Setcreasea purpurea* (*S. purpurea*) известная как традесканция (*Сеткреазия пурпурная*), проявляет особую чувствительность как в пассивном, так и в активном биомониторинге.

Загрязнение атмосферного воздуха выбросами транспортных средств и антропогенными источниками (свинец, кадмий, никель, железо, медь, цинк), демонстрируют более высокие концентрации их в пробах листьев, собранных в районах с интенсивным движением, по сравнению с пробами в почве при тех же условиях. Способность *S. purpurea* накапливать микроэлементы и отражать их наличие делает растение ценным инструментом для оценки качества воздуха без необходимости использования сложного лабораторного оборудования.

Учитывая свою широкую доступность и простоту выращивания *S. purpurea* является подходящим биоиндикатором для долгосрочных проектов мониторинга, которые длятся годами. Чтобы обеспечить контроль качества при использовании *S. purpurea* в качестве биоиндикатора загрязнителей воздуха, важно выращивать образцы в однородной, незагрязненной почве с контролируемым запасом воды на протяжении всего исследования.

Интересно отметить, что *S. purpurea* (как и другие растения) может выступать в качестве индикаторов раннего предупреждения по ухудшению качества атмосферного воздуха рядом с людьми и является истинным представителем развития сценариев негативного воздействия.

Несмотря на свои преимущества, мониторинг загрязнения воздуха на основе *S. purpurea* имеет некоторые ограничения в виде климатических и погодных условий, а также реакция на конкретные загрязнители может различаться, что делает необходимым учитывать местный контекст при интерпретации данных.

Выводы. Представлен краткий обзор биоиндикаторов в качестве потенциальных методов мониторинга атмосферного воздуха из-за своей органической природы, широкой доступности и неизбирательного накопления различных загрязнителей.

Каждый биоиндикатора может успешно использоваться на начальной, фазе исследований (скрининговые тесты) и способствует быстрому информированию о масштабе развивающейся проблеме.

Имеющиеся ограничения, связанные с практическими проблемами и экологическими зависимостями, не умаляют того факта, что биоиндикаторы могут быть использованы в рамках биомониторинга человека и позволяют получить ценную информацию о возможных последствиях после того, как загрязняющие вещества проникает в живые ткани и организмы.

Необходимо подчеркнуть важность использования комбинированных методов измерения загрязнителей воздуха, которые могут быть дополнены высокоэффективные альтернативными и традиционными методами.

Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха способствует лучшему пониманию целенаправленных стратегий вмешательства для смягчения неблагоприятных последствий для здоровья отдельных лиц и граждан.

Список использованной литературы

1. Sean McKelvey. Data-driven modeling techniques for prediction of settled water turbidity in drinking water treatment // *Frontiers in Environmental Engineering*. 28.05.2024. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-engineering/articles/10.3389/fenv.2024.1401180/full> (дата обращения: 07.04.25).

2. Garden cress (*Lepidium sativum* L.) as a bioindicator for assessing air pollution / N. Kamal, A. Beibitova, T. Darbayeva, A. Sarsenova // Bulletin WKU. – 2024. – No. 2(94). – P. 235-245. – DOI 10.37238/2960-1371.2960-138X.2024.94(2).55. – EDN MCROXR.

3. Звягинцева О. Ю. Оценка качества атмосферного воздуха по величине флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth / О. Ю. Звягинцева // Ученые записки Забайкальского государственного гуманитарно-педагогического университета им. Н.Г. Чернышевского. – 2012. – № 1(42). – С. 87-91.

4. Рунова Е. М. Некоторые особенности использования дендрохронологической оценки прироста *Pinus sylvestris* L. При проведении биоиндикационных исследований в урбанизированной среде северных территорий / Е. М. Рунова, Л. В. Аношкина, И. И. Гаврилин // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2014. – Т. 18, № 5. – С. 146-150.

5. Применение методов биоиндикации в урбоэкологии на примере города Калуги / В. В. Шуберт, Г. В. Лаврентьева, А. А. Рожнова, П. А. Повилайтес // Экология урбанизированных территорий. – 2024. – № 4. – С. 40-45. – DOI 10.24412/1816-1863-2024-4-40-45.

6. Kozlova A. A. Colonies of red wood ants (*Formica* S. Str.) on the forest monitoring map of the Middle Volga / A. A. Kozlova // Journal of Agriculture and Environment. – 2023. – No. 5(33). – DOI 10.23649/JAE.2023.33.13.

7. Current trends in the development of functional meat products to improve the nutritional status of the population / L. Z. Gabdukaeva, T. Y. Gumerov, A. R. Nurgalieva, L. V. Abdullina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Omsk City, Western Siberia, 04–05 июля 2020 года. – Omsk City, Western Siberia, 2021. – P. 012196. – DOI 10.1088/1755-1315/624/1/012196

8. Безопасность и качество пищевых продуктов / Т. Ю. Гумеров, И. А. Гафарова, З. Ш. Мингалеева, О. А. Решетник // Безопасность жизнедеятельности. – 2022. – № 5(257). – С. 3-9

9. Gumerov T. Yu. Reducing the risk of hazards when working with radioactive substances and ionizing radiation / T. Yu. Gumerov, L. Z. Gabdukaeva, T. Yu. Freze // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety, ICCATS 2020, Sochi, 06–12 сентября 2020 года. Vol. 962, 4. – Sochi: IOP Publishing Ltd, 2020. – P. 042032. – DOI 10.1088/1757-899X/962/4/042032

10. Approaches to ecological education for future engineers / E. V. Muravyeva, E. I. Zagrebina, T. Y. Gumerov [et al.] // Man in India. – 2017. – Vol. 97, No. 15. – P. 83-91

УДК 666.97

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕРМООБРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА

Казаков Тимур Павлович, студент,

*Липантьев Роман Евгеньевич, канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический
университет», г.Казань, e-mail: r2144464@yandex.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются современные инновационные методы термообработки железобетонных изделий, направленные на снижение углеродного следа в строительной отрасли. Анализируются преимущества и недостатки таких подходов. Особое внимание уделяется влиянию каждого метода на выбросы парниковых газов и энергоэффективность производства.

Ключевые слова: термообработка, железобетонные изделия, углеродный след, электромагнитный нагрев, энергоэффективность.

OPTIMIZATION OF HEAT TREATMENT TECHNOLOGY OF REINFORCED CONCRETE FOR THE MAJORITY OF CARBON FOOTPRINTS

Kazakov T.P., Lipantev R.E.

Kazan State Power Engineering University, Kazan

Annotation. The article considers modern innovative methods of heat treatment of reinforced concrete products aimed at reducing the carbon footprint in the construction industry. The advantages and disadvantages of such

approaches are analyzed. Special attention is paid to the impact of each method on greenhouse gas emissions and energy efficiency of production.

Keywords: *heat treatment, reinforced concrete products, carbon footprint, electromagnetic heating, energy efficiency.*

Введение. Производство железобетонных изделий играет ключевую роль в строительной отрасли, однако сопровождается значительными выбросами парниковых газов, главным образом из-за энергоёмких процессов термообработки. Снижение углеродного следа в данной сфере является актуальной задачей, направленной на уменьшение негативного воздействия на окружающую среду и достижение целей устойчивого развития.

В последние годы возрастающий интерес вызывают инновационные подходы к термообработке железобетона, способствующие повышению энергоэффективности и экологической безопасности производства. Изучение и внедрение таких технологий представляют собой перспективное направление научных исследований в области строительных материалов.

Цель исследования: анализ и оценка эффективности инновационных методов термообработки железобетонных изделий для снижения углеродного следа.

Задачи исследования:

1. Провести обзор традиционных методов термообработки железобетона и их влияния на выбросы парниковых газов.
2. Изучить современные подходы к снижению углеродного следа при производстве железобетонных изделий.
3. Оценить перспективы внедрения инновационных технологий в промышленное производство с точки зрения их эффективности и экологической безопасности.

В следующем разделе будет рассмотрен обзор традиционных методов термообработки железобетона и их влияние на окружающую среду.

Обзор традиционных методов термообработки железобетона

Процесс термообработки железобетонных изделий (ЖБИ) является ключевым этапом в их производстве, обеспечивая достижение необходимых прочностных характеристик и долговечности. Однако традиционные методы термообработки, такие как пропаривание в камерах и автоклавная обработка, обладают рядом недостатков, влияющих как на экономическую эффективность, так и на экологическую безопасность производства.

Традиционные методы термообработки и их недостатки

Пропаривание и автоклавная обработка требуют значительных энергозатрат, что приводит к повышенному потреблению топливно-энергетических ресурсов. Это, в свою очередь, способствует увеличению выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ в атмосферу. Кроме того, использование ископаемых топлив, таких как нефть, газ и уголь, для генерации тепла в процессе термообработки, сопровождается выбросами углекислого газа (CO_2), оксидов азота (NO_x), диоксида серы (SO_2) и других вредных веществ, негативно влияющих на экологию и здоровье человека. Удалённость месторождений этих топлив от потребителей увеличивает затраты на их добычу, транспортировку и переработку, что делает процесс менее эффективным и экологичным.

Источники загрязнения при традиционной термообработке

Основными источниками загрязнения при традиционной термообработке являются:

- Сжигание ископаемых топлив: Процесс горения нефти, газа и угля для получения тепла сопровождается выбросами CO_2 , NO_x , SO_2 и других загрязняющих веществ.
- Энергетические потери: Низкая эффективность теплопередачи и теплоизоляции приводит к значительным потерям энергии, что требует дополнительного сжигания топлива и увеличивает выбросы.

- Использование химических добавок: Некоторые химические вещества, применяемые в процессе термообработки, могут испаряться и загрязнять атмосферу [1].

Постоянный рост потребности в строительных материалах и увеличение объёмов производства ЖБИ усиливают негативное воздействие традиционных методов термообработки на экологическую обстановку. В связи с этим, поиск и внедрение альтернативных, более экологически чистых и энергоэффективных технологий становятся особенно актуальными.

Таким образом, традиционные методы термообработки ЖБИ, несмотря на свою распространённость, обладают значительными недостатками, включая высокое потребление энергии и негативное воздействие на окружающую среду. Внедрение инновационных технологий, направленных на снижение энергозатрат и экологического следа, представляет собой важный шаг к устойчивому развитию строительной отрасли.

Инновационные методы термообработки железобетонных изделий: пути снижения углеродного следа

Производство железобетонных изделий (ЖБИ) традиционно связано с высокими энергозатратами и значительными выбросами парниковых газов. В условиях необходимости минимизации экологического воздействия и перехода к устойчивому развитию, ключевым направлением становится внедрение инновационных методов термообработки, способствующих снижению углеродного следа. В данной главе рассматриваются три перспективных метода, подробно анализирующих их влияние на выбросы.

Электромагнитный нагрев

Электромагнитный нагрев (реализуемый посредством индукционного и инфракрасного методов) основывается на создании высокочастотного электромагнитного поля, которое индуцирует вихревые токи в металлических элементах арматуры или опалубки. Эти токи генерируют

тепло, равномерно распределяясь по объёму изделия, что способствует ускоренному набору прочности бетона [3].

Влияние на углеродный след:

- Сокращение энергозатрат: За счёт прямого и локального нагрева снижается потребность в длительном прогреве всей конструкции, что приводит к снижению общего потребления энергии.
- Минимизация выбросов: Переход от сжигания ископаемых топлив к электрической энергии (особенно если она вырабатывается из возобновляемых источников) существенно уменьшает выбросы CO₂, так как отсутствует прямой процесс горения, сопровождающийся эмиссией парниковых газов.

Таким образом, электромагнитный нагрев позволяет добиться высокой энергоэффективности, что является важным фактором в снижении углеродного следа производства [4].

Биоинженерные методы

Биоинженерные подходы в термообработке ЖБИ основываются на использовании микроорганизмов, способных продуцировать карбонат кальция. Введение таких бактерий в бетонную смесь приводит к процессу биоминерализации, при котором образуются минеральные отложения, заполняющие поры и микротрещины, что ускоряет твердение бетона и улучшает его прочностные характеристики.

Влияние на углеродный след:

- Уменьшение температурного режима: Благодаря ускоренному твердению, необходимость в длительной высокотемпературной обработке снижается. Это приводит к уменьшению энергозатрат, что, в свою очередь, снижает выбросы CO₂.
- Сокращение использования синтетических добавок: Природные микроорганизмы могут заменить химические компоненты, производство

которых часто связано с высоким углеродным следом, тем самым уменьшая косвенные выбросы.

Таким образом, применение биоинженерных методов способствует не только улучшению эксплуатационных характеристик бетона, но и значительному снижению углеродного следа за счёт уменьшения потребления энергии и замены высокоуглеродоемких материалов [5].

Использование альтернативных теплоносителей

Переход на альтернативные теплоносители, такие как биогаз и солнечная энергия, представляет собой стратегию экологически чистой термообработки ЖБИ. Биогаз, получаемый в результате анаэробного сбраживания органических отходов, может использоваться для генерации тепла, а солнечная энергия – для предварительного нагрева воздуха или воды, задействуемых в технологическом процессе.

Влияние на углеродный след:

- Замена ископаемых видов топлива: Использование биогаза вместо нефти, угля или природного газа напрямую снижает выбросы CO_2 , так как биогаз является возобновляемым источником энергии.
- Возобновляемые источники энергии: Применение солнечных коллекторов позволяет отказаться от традиционных теплоносителей, что способствует существенному снижению парниковых выбросов.
- Рациональное использование отходов: Производство биогаза из органических остатков не только генерирует экологически чистое топливо, но и решает проблему утилизации отходов, уменьшая эмиссию метана с полигонами [6].

Таким образом, применение альтернативных теплоносителей помогает существенно сократить углеродный след за счёт перехода на возобновляемые источники энергии и эффективного использования побочных продуктов производства.

Инновационные методы термообработки, такие как электромагнитный нагрев, биоинженерные подходы и использование альтернативных теплоносителей, представляют собой перспективные направления для снижения углеродного следа в производстве железобетонных изделий. Каждый из методов обеспечивает существенное сокращение выбросов парниковых газов благодаря снижению энергопотребления, переходу на экологически чистые источники энергии и оптимизации технологических процессов. Несмотря на существующие технические и экономические вызовы, дальнейшие исследования и опытно-конструкторские разработки позволят интегрировать данные инновационные технологии в промышленное производство, способствуя устойчивому развитию строительной отрасли.

Выводы. В условиях современного строительства требования к энергоэффективности и экологической безопасности становятся первостепенными, внедрение инновационных методов термообработки железобетонных изделий приобретает особую актуальность. Проведённый анализ показал, что переход от традиционных технологий к электромагнитному нагреву, биоинженерным подходам и использованию альтернативных теплоносителей позволяет существенно снизить углеродный след производства.

Электромагнитный нагрев обеспечивает высокую энергоэффективность за счёт локального, равномерного прогрева материала, что ведёт к сокращению энергопотребления и уменьшению выбросов CO₂, особенно при использовании возобновляемых источников электроэнергии. Биоинженерные методы, основанные на биоминерализации, способствуют ускоренному твердению бетона и сокращению температурного режима термообработки, что снижает энергозатраты и уменьшает экологическую нагрузку. Использование альтернативных теплоносителей, таких как биогаз и солнечная энергия, позволяет отказаться от ископаемых видов топлива, что

приводит к значительному снижению выбросов парниковых газов и способствует рациональному использованию отходов.

Таким образом, интеграция инновационных методов термообработки в производство ЖБИ может стать ключевым элементом устойчивого развития строительной отрасли. Для их успешной реализации необходимы дальнейшие научные исследования, опытно-конструкторские разработки и системное внедрение экологически чистых технологий на промышленных предприятиях.

Список использованной литературы

1. Даутова, Р. З. Тепловая обработка железобетонных изделий продуктами сгорания природного газа / Р. З. Даутова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 20 (310). — С. 105-107. — URL: <https://moluch.ru/archive/310/70228/> (дата обращения: 01.04.2025).
2. Петрова А. Н. Экологическая эффективность автоклавной обработки в производстве ЖБИ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.stroytehnika.ru/articles/autoklavnaya-obrabotka> (дата обращения: 01.04.2025).
3. Искусственный прогрев бетона. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/551250/> (дата обращения: 01.04.2025).
4. Электропрогрев бетона. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электропрогрев_бетона (дата обращения: 01.04.2025).
5. Строительные материалы с низким углеродным следом [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/news/852524/> (дата обращения: 01.04.2025).
6. Методы термообработки сборного и монолитного железобетона с использованием солнечной энергии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://tekhnosfera.com/view/150944/d?#?page=5> (дата обращения: 01.04.2025).

ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМЕ ЖИТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Тунакова Юлия Алексеевна, д-р хим. наук, профессор,

Новикова Светлана Владимировна, д-р. хим. наук,

Шром Илья Александрович, аспирант

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, e-mail: YATunakova@kai.ru

***Аннотация.** Оценка накопления металлов в организме человека отражает уровень полиметаллического загрязнения объектов окружающей среды. На основании результатов исследования содержания металлов в биологических субстратах организма человека, определена степень накопления металлов. Разработан нейросетевой способ определения накопления металлов в организме при водно-пищевом и воздушном путях поступления из объектов окружающей среды при долговременном воздействии. Проведённые численные эксперименты подтвердили возможность высокоточного (не ниже 97 % по всей совокупности исследуемых металлов) нейросетевого расчёта накопления металлов в организме жителей промышленно развитых территорий.*

***Ключевые слова:** полиметаллическое загрязнение, организм, биологический субстрат, накопление, нейросетевая модель.*

ASSESSMENT OF THE ACCUMULATION OF METALS IN THE BODY OF RESIDENTS OF INDUSTRIALIZED TERRITORIES

Tunakova Yu.A., Novikova S.V., Shrom I.A.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev -

KAI, Kazan

Annotation. *The assessment of the accumulation of metals in the human body reflects the level of polymetallic pollution of environmental objects. Based on the results of a study of the metal content in biological substrates of the human body, the degree of accumulation of metals has been determined. A neural network method has been developed to determine the accumulation of metals in the body during water, food and air routes from environmental objects under long-term exposure. Numerical experiments have confirmed the possibility of a highly accurate (at least 97% for the entire set of metals studied) neural network calculation of the accumulation of metals in the body of residents of industrialized territories.*

Keywords: *polymetallic contamination, organism, biological substrate, accumulation, neural network model.*

Введение

В условиях значительного антропогенного поступления металлов из разных источников на промышленно развитых территориях происходит накопление металлов в организме жителей, что отражает их содержание в биосубстратах. Исследование длительного воздействия низких концентраций металлов позволяет установить скрытые, отдаленные во времени последствия полиметаллического загрязнения объектов окружающей среды. В условиях одновременного поступления металлов в организм водно-пищевым и воздушным путями крайне сложной является оценка накопления каждого металла, с учетом процессов поступления, перераспределения и выведения [1-4]. Нами предложен способ оценки накопления металлов в организме на основании характеристик их поступления из объектов окружающей среды и содержания в биологических субстратах.

Методы исследования

Разработана нейросетевая модель, реализующая оценку накопления металлов в организме с учетом различных путей поступления и

морфофизиологических параметров, обследуемых при долгосрочном воздействии. Долгосрочное полиметаллическое воздействие на организм жителя промышленно развитой территории оценивалось путем определения содержания металлов в питьевой воде и почвенном покрове. Нейросетевые модели разрабатывались для оценки накопления наиболее распространенных металлов: медь, цинк, свинец, хром, стронций, железо. Для реализации разработанной нейросетевой модели необходимо выполнение следующих этапов:

Этап 1. Исходные данные. Для применения разработанной нейросетевой модели необходимо наличие следующей информации:

а) биологические параметры испытуемого: рост, вес, площадь поверхности тела, пол, возраст;

б) концентрации металлов в компонентах окружающей среды в зоне проживания испытуемого:

Этап 2. Построение предиктивной модели. На данном этапе выбирается одна из шести предложенных авторами предобученных нейросетевых моделей, для каждого металла отдельно. Подробно топологии описаны в п. 3.2.1. Описание применяемой методики.

Этап 3. Прогнозирование. Исходные данные подаются на вход предобученной модели. Выходом модели является количественная оценка накопления исследуемого металла в биосубстратах конкретного жителя.

Этап 4. Дообучение и адаптация (опционально). Модель может быть доучена на вновь полученных данных по методике, описанной в п. 3.2.1. Описание применяемой методики. Дообучение на данных накопления металлов в биосубстратах жителей конкретного региона приведет к адаптации модели к локальным условиям исследуемой территории.

Результаты исследования

Расчетная модель представляет из себя нейронную сеть прямого распространения типа MLP. Алгоритм обучения всех моделей –

resilientpropagation (RPROP) с шагом спуска 0,5 и коэффициентом дробления 1,2 соответственно. Каждая модель обучалась на собственном обучающем датасете в течение 10000 эпох. Ошибка обучения Err_i^O рассчитывалась для каждого i -того обучающего примера как квадратическое отклонение нормированных к 1 выходного и эталонного значений выходного параметра (накопления металлов в организме):

$$Err_i^O = (y_i^M - y_i^Э)^2, \quad (1)$$

где $i = \overline{1, N}$, N – количество обучающих примеров;

y_i^M – нормированный выход нейросетевой модели для i -того примера;

$y_i^Э$ – нормированный эталонный ответ для i -того примера.

В качестве общей ошибки обучения модели Err_M^O применено вычисление усредненной нормированной ошибки по всему набору данных:

$$Err_M^O = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Err_i \quad (2)$$

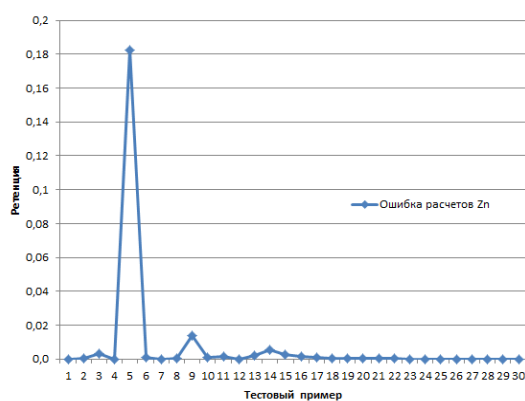
Результаты обучения для рассмотренных металлов представляет таблица 1.

Таблица 1

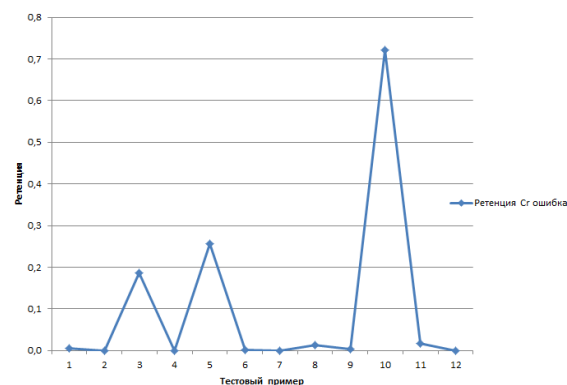
**Характеристики точности спроектированных нейросетевых моделей
типовой топологии на обучающих датасетах для долгосрочного типа
воздействия**

Модель ретенции металла	Минимальная ошибка по обучающим примерам $\min(Err_i^O)$	Максимальная ошибка по обучающим примерам $\max(Err_i^O)$	Общая ошибка обучения модели Err_M^O
Цинк	0,0	0,02003	0,001557
Хром	0,0	0,00743	0,00033
Медь	0,0	0,00863	0,00043
Свинец	0,0	0,50340	0,03552

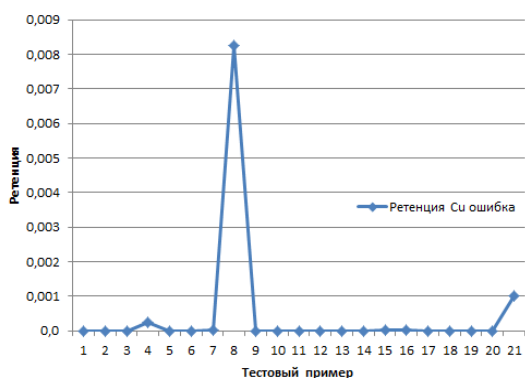
Точность нейросетевого блока оценки накопления металлов при долгосрочном воздействии составляет от 90% до 99% для различных металлов на тестовых данных. Графическое представление среднеквадратических ошибок нейросетевых блоков на тестовых датасетах показано на рисунке 1.



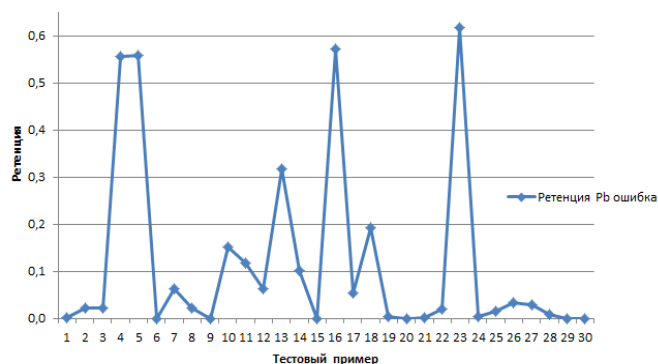
а



б



в



г

а – цинк; б – хром; в – медь; г – свинец

Рис. 1. Среднеквадратические ошибки нейросетевых моделей типовой топологии на тестовых датасетах для долгосрочного типа воздействия металлов на организм человека

Выводы

Сложность построения моделей накопления металлов обусловлена значительным количеством участвующих при этом факторов. Учет накопления металлов в организме проведен с помощью интеллектуальной системы, которая позволяет проводить количественные оценки без сложных и инвазивных процедур пробоотбора, пробоподготовки и анализа биосубстратов организма человека. Проведённые численные эксперименты доказали правомерность выдвинутой гипотезы относительно возможности высокоточного нейросетевого расчёта накопления металлов в организме жителей промышленно развитых территорий. Даже при применении типовой топологии, такие модели обеспечивают высокую точность. Результаты

демонстрируют, что стандартная топология моделей обеспечивает точность обучения не ниже 90 % по всей совокупности исследуемых металлов.

** Научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках исполнения обязательств по Соглашению номер № 075-03-2025-335 от «16» января 2025 г., номер темы FZSU–2023–0005, (рег. номер 123030100016-5).*

Список использованной литературы

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
2. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Мир. Оникс 21 век, 2004. 216 с.
3. Coelho P., Costa S., Silva S., Walter A. Metal(loid) levels in biological matrices from human populations exposed to mining contamination-Panasqueira Mine (Portugal)// Journal of Toxicology and Environmental Health. PartA. 2012. V. 13–15, No 75. P. 893–908. <https://doi.org/10.1080/15287394.2012.690705>.
4. Сусликов В.Л. Геохимическая экология болезней в 4 т. Т. 2: Атомовиты. – М.: Гелиос АРВ, 2000. – 672 с.

УДК 502.37

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДОЁМОВ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ВЕЩЕСТВ

Гайдук Тимур Дмитриевич, студент

Антонова Ильвира Илгизовна, старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, e-mail: antonova.ilvira@yandex.ru

Вдовина Ксения Евгеньевна, студент

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы очистки водоёмов от нефтепродуктов, основные методы очистки, в том числе с использованием ферромагнитных веществ.

Ключевые слова: мазут, ферромагнитные вещества, технологии очистки мазута.

RECLAMATION OF LANDFILLS OF SOLID HOUSEHOLD WASTE

Gaiduk T.D.¹, Antonova I. I.¹, Vdovina K.E.²

¹Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan

²Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg

Annotation. The article presents the relevance of the problem of purification of reservoirs from petroleum products, discusses the main methods of purification, including the use of ferromagnetic substances.

Keywords: petroleum products, ferromagnetic substances, purification technologies.

Введение. Загрязнение водоемов нефтяными разливами является серьезной экологической проблемой, которая негативно влияет на экосистему, здоровье людей и животных, а также на экономику. События, которые произошли 15 декабря 2024 года в результате сильного шторма в Керченском проливе, где потерпели бедствие два российских танкера, привели к одной из крупнейших экологических катастроф на черноморском побережье. В связи с этим, проблема ликвидации загрязнений водных поверхностей нефтепродуктами имеет глобальный характер и актуальна для водных объектов.

Нефтяные загрязнения представляют собой одну из наиболее сложных экологических проблем, так как нефтепродукты, растворенные или эмульгированные в воде, относятся к числу трудноокисляемых веществ. Это

затрудняет процесс самоочищения водоемов, делая его длительным и неэффективным без вмешательства специализированных технологий

Для эффективной очистки вод от нефтепродуктов разработано множество методов [1]:

- механические,
- физико-химические
- биологические (биохимические).

Механические методы основаны на физическом удалении нефти с поверхности воды. К ним относятся: сбор нефти с помощью специальных сорбентов (например, минеральной ваты, синтетических волокон, модифицированных природных материалов), использование боковых заграждений для предотвращения распространения разливов, вакуумная откачка нефтепродуктов, использование специальных судов-нефтеборщиков. Эффективность механических методов зависит от типа нефтепродукта, состояния погоды, площади загрязнения и доступности техники. Они наиболее эффективны на ранних стадиях загрязнения, когда нефтяная пленка еще не эмульгирована и не распределена в толще воды. Однако, механические методы не всегда способны полностью удалить нефтепродукты, особенно в случае проникновения их в грунт или поры водных растений.

Физико-химические методы используют химические или физические процессы для разрушения или извлечения нефтепродуктов. К ним относятся: флотация, коагуляция, экстракция растворителями, биodeградация с применением химических катализаторов, ускоряющих разложение нефти. Выбор конкретного метода зависит от типа нефтепродукта, его концентрации, температуры воды и других факторов. Физико-химические методы, как правило, более эффективны, чем механические, особенно в случае сильного загрязнения, но могут быть дорогостоящими и требовать специального оборудования. Кроме того, некоторые химические реагенты

могут сами по себе оказывать негативное воздействие на окружающую среду.

Биологические (биохимические) методы используют способность микроорганизмов разлагать нефтепродукты. Это наиболее экологичный и экономически выгодный подход в долгосрочной перспективе. Существуют специальные штаммы бактерий и грибов, способные эффективно разрушать нефть. Однако, эффективность биологических методов зависит от условий среды (температура, кислородный режим, наличие питательных веществ) и может быть достаточно низкой при низких температурах или недостатке кислорода. Для усиления биологической очистки применяют биостимуляторы – вещества, стимулирующие рост и активность микроорганизмов. Использование биологических методов требует тщательного подбора штаммов микроорганизмов и оптимизации условий для их эффективной работы. Этот метод особенно эффективен для очистки грунтов, находящихся под воздействием нефтепродуктов, после проведения предварительных механических и физико-химических работ. Таким образом, комплексный подход, сочетающий различные методы очистки, является наиболее эффективным для борьбы с загрязнением водных объектов нефтепродуктами. Выбор оптимальной стратегии очистки зависит от конкретных условий загрязнения, доступных ресурсов и экологических требований.

Необходимо также учитывать потенциальные риски, связанные с применением различных методов, и выбирать наиболее безопасные и эффективные решения. Помимо ликвидации последствий загрязнения, важна и профилактика, включающая разработку и внедрение более безопасных технологий добычи, транспортировки и использования нефтепродуктов.

Анализ методов очистки водоемов от нефтепродуктов показал [2], что применение порошковых ферромагнитных сорбентов для абсорбции, а затем извлечения нефтяных загрязнений является инновационным подходом,

который может значительно повысить эффективность мероприятий по очистке воды.

Ферромагнитные вещества [3] — это материалы, обладающие высокой магнитной проницаемостью и способные намагничиваться в присутствии внешнего магнитного поля. К таким материалам относятся железо (Fe), никель (Ni), кобальт (Co) и ферриты. Эти вещества благодаря своей способности намагничиваться, позволяют легко отделять сорбенты от воды после завершения процесса очистки, что сокращает затраты и упрощает процесс утилизации. Важно учесть, что эффективность ферромагнитных сорбентов может зависеть не только от их магнитных свойств, но и от размера частиц, структуры и химического состава.

Процесс очистки водоёмов с использованием ферромагнитных веществ включает несколько ключевых этапов [4]:

1. Внедрение ферромагнитных частиц: Ферромагнитные материалы вводятся в загрязнённую воду в виде порошка или суспензии. Они могут быть распылены на поверхность водоёма или внедрены непосредственно в толщу воды.

2. Адсорбция мазута: Ферромагнитные частицы притягивают и связывают молекулы мазута, образуя стабильные комплексы. Этот процесс происходит благодаря высокой поверхностной активности материалов.

3. Сбор загрязнённых частиц: После адсорбции мазута ферромагнитные частицы собираются с помощью магнитных полей. Это позволяет эффективно удалять загрязнения из воды без необходимости использования дополнительных химических реагентов.

Основным преимуществом ферромагнитных веществ является возможность регенерации сорбента [5-6]. После насыщения нефтепродуктами, ферромагнитные частицы легко отделяются от воды с помощью мощных магнитов, а затем очищаются от сорбированного мазута с помощью различных методов, например, термической обработки или

растворителями. Это позволяет многократно использовать материал, значительно снижая затраты на приобретение новых сорбентов. Экономия достигается также за счет сокращения времени очистки и меньшего потребления энергии по сравнению с традиционными методами.

Важно отметить экологическую безопасность данного подхода: в отличие от химических реагентов, ферромагнитные материалы сами по себе инертны и не представляют опасности для живых организмов. Однако, важно использовать материалы, не выделяющие токсичных веществ при термической обработке. Несмотря на очевидные преимущества, технология имеет свои ограничения. Одно из них – техническая сложность работы с большими объемами загрязненной воды. Для эффективной очистки требуется создание мощных магнитных полей, что может потребовать значительных энергетических затрат и использования специализированного оборудования, например, систем с высокоградиентными магнитными полями или конвейерных магнитных сепараторов.

Также существует проблема утилизации собранных нефтепродуктов. Извлеченный мазут, например, представляет собой опасный отход, требующий специальной обработки и захоронения в соответствии с экологическими нормами. Это влечет за собой дополнительные расходы и может стать препятствием для широкого применения данной технологии. Эффективность ферромагнитных методов очистки также зависит от ряда факторов окружающей среды. Высокая температура воды, высокая соленость или наличие других загрязнителей могут снизить эффективность сорбции. Поэтому, перед применением технологии необходим тщательный анализ условий водоема и подбор оптимального типа ферромагнитных частиц. Исследования в области модификации поверхности ферромагнитных частиц для улучшения их сорбционных свойств в различных условиях – одно из важных направлений развития данной технологии. Например, модификация поверхности наночастиц оксидами металлов может повысить их

адсорбционную способность и селективность по отношению к нефтепродуктам.

Выводы. Использование ферромагнитных веществ для очистки водоёмов от нефтепродуктов представляет собой перспективное направление в решении экологических проблем. Высокая эффективность, экологическая безопасность и экономическая целесообразность делают этот метод привлекательным для широкого применения. Внедрение инновационных технологий очистки является важным шагом на пути к сохранению водных экосистем и улучшению качества жизни человека.

Технологии очистки воды продолжают развиваться, и одним из наиболее перспективных направлений является использование ферромагнитных веществ. Эти материалы обладают высокой магнитной проницаемостью и способны намагничиваться в присутствии внешнего магнитного поля, что позволяет легко отделять сорбенты от воды после завершения процесса очистки. Это значительно сокращает затраты и упрощает процесс утилизации, делая технологию экономически выгодной и экологически безопасной.

Список литературы

1. Галко С. А., Константинов В. Е., Шарыкин Ф. Е., Калашников В. Г. Инновации в системе очистки сточных вод от нефтепродуктов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – С. 170–175. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-v-sisteme-ochistki-stochnyh-vod-ot-nefteproduktov> (дата обращения: 21.02.2025).
2. Святченко А. В. Сорбционно-коагуляционная очистка сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ листовым каштановым опадом и пылью электродуговых сталеплавильных печей: дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 2019. – 150 с. – URL: <https://www.dissercat.com/content/sorbtsionno-koagulyatsionnaya-ochistka-stochnykh-vod-ot-nefteproduktov-i-vzveshennykh-veshch> (дата обращения: 21.02.2025).
3. Кузнецов А. А., Иванова Т. Б. Исследование методов очистки вод от загрязнений нефтью и нефтепродуктами // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 5. – С. 23–27. – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-metodov-ochistki-vod-ot-zagryazneniy-neftyu-i-nefteproduktami> (дата обращения: 21.02.2025).

4. Долбня И. В. Разработка магнитных композиционных сорбентов на основе гальваношлама для очистки воды от нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов: дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 2018. – 180 с. – URL: <https://www.dissercat.com/content/razrabotka-magnitnykh-kompozitsionnykh-sorbentov-na-osnove-galvanoshlama-dlya-ochistki-vody> (дата обращения: 21.02.2025).

5. Петров В. Н., Сидорова Е. К. Магнитосорбенты на основе отходов стальной пыли для очистки водоёмов от нефтепродуктов // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23, № 2. – С. 32–36. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38518448> (дата обращения: 21.02.2025).

6. Смирнов А. В., Ковалёва Н. П. Композиционные сорбенты на основе оксидов железа для извлечения углеводородов из водных сред // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12. – С. 58–62. – URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35829> (дата обращения: 21.02.2025).

УДК 620.9.

ДВУНАПРАВЛЕННАЯ ЗАРЯДКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ КАК ИНСТРУМЕНТ СТАБИЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РОССИИ

Аветисян Артур Сергеевич, магистрант

*ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический
университет», г. Иркутск, e-mail: avetisyan_geven@mail.ru*

Аннотация. *Россия стоит на пороге преобразований в сфере электрификации, вызванных распространением электромобилей (EV). Однако эта революция заключается не только в замене двигателей внутреннего сгорания на электромоторы; речь идет о переосмыслении энергетического ландшафта России. Рост спроса на электромобили обуславливает нужду параллельной модернизации энергосистемы - задачи, сопряженной с возможностями.*

Ключевые слова: преобразования, электрификация, электромобили (EV), энергетический ландшафт, модернизация, энергосистема.

BIDIRECTIONAL CHARGING OF ELECTRIC VEHICLES AS A TOOL FOR STABILIZING THE RUSSIAN ENERGY SYSTEM

Avetisyan A. S.

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk

Annotation. Russia is on the verge of a transformation in the field of electrification caused by the proliferation of electric vehicles (EV). However, this revolution is not only about replacing internal combustion engines with electric motors; it is about rethinking Russia's energy landscape. The growing demand for electric vehicles necessitates parallel modernization of the energy system, a task fraught with opportunities.

Keywords: transformation, electrification, electric vehicles (EV), energy landscape, modernization, energy system.

Введение. Помимо простого потребления энергии, российская изобретательность раскрывает потенциал электромобилей как динамичных источников энергии. Представьте себе будущее, в котором электромобили, интегрированные с технологией двунаправленной зарядки (vehicle-to-grid, или V2G) и использующие разнообразные возобновляемые источники энергии в стране – от солнечной энергии на Юге до ветряных электростанций на Севере – станут мобильными накопителями энергии. Это видение выходит за рамки ограничений обычной аккумуляторной технологии.

Электромобили, оснащенные интеллектуальными двунаправленными зарядными устройствами отечественной разработки, превращаются из пассивно припаркованных устройств, занимающих ценное место на протяжении большей части срока их службы, в активные стабилизаторы электросети. Они динамично уравнивают спрос и предложение,

обеспечивая важнейшую поддержку в часы пиковой нагрузки и повышая устойчивость национальной энергетической инфраструктуры.

Более того, такая синергия открывает новые возможности для местного управления энергопотреблением. Представьте, что жители используют солнечные панели отечественного производства в сочетании с разработанной в России технологией V2G для накопления солнечной энергии в аккумуляторах электромобилей и последующего энергоснабжения своих домов во время пикового спроса. Это расширяет возможности сообществ, снижает зависимость от централизованных электростанций и способствует созданию более устойчивой энергетической экосистемы.

Этот сдвиг парадигмы, вызванный растущим спросом на удобные решения для зарядки и расширенные функциональные возможности, предлагаемые электромобилями, является не просто технологическим достижением; он является катализатором экономического роста, экологической устойчивости и энергетической независимости России. Это требует стратегических инвестиций в исследования, разработку и внедрение отечественных технологий электромобилей, особенно в инфраструктуру двусторонней зарядки и передовые системы управления аккумуляторами. Применяя этот целостный подход, Россия может позиционировать себя как лидера в глобальной революции электромобилей, обеспечивая будущее, основанное на инновациях и устойчивости.

По всей территории Российской Федерации интеграция технологии V2G (Vehicle-to-Grid) представляет собой революционную возможность для революционного управления энергопотреблением, которая выходит за рамки простого сокращения расходов домашних хозяйств и включает повышение устойчивости электросетей и ускорение перехода к устойчивой энергетике. Помимо изолированных региональных приложений, общенациональное развертывание систем V2G могло бы коренным образом изменить энергетический ландшафт России. Растущее внедрение электромобилей (EV)

в сочетании с разнообразными возобновляемыми источниками энергии в России – от богатого солнечного потенциала южных регионов до огромных запасов энергии ветра в Арктике – создает идеальные условия для внедрения V2G.

Технология V2G предлагает многогранное решение важнейших задач, стоящих перед российским энергетическим сектором. Позволяя электромобилям выступать в качестве мобильных накопителей энергии, возвращая энергию в сеть во время пикового спроса и поглощая избыточную энергию в периоды избыточного предложения, V2G может значительно снизить нестабильность электросети и оптимизировать использование непостоянных возобновляемых источников энергии. Такой динамичный обмен энергией снижает зависимость от традиционных электростанций, работающих на ископаемом топливе, сокращая выбросы углекислого газа и способствуя более чистому энергетическому балансу [1].

Более того, стратегическое развертывание инфраструктуры V2G может открыть новые источники дохода для владельцев электромобилей, стимулируя внедрение и способствуя развитию модели prosumer, при которой потребители активно участвуют в управлении электросетями. Используя возможности интеллектуальных сетей и передовых систем энергоменеджмента, Россия может использовать технологию V2G для создания децентрализованной, устойчивой и экологически безопасной энергетики будущего, позиционируя себя как мирового лидера в области инновационных энергетических решений. В конечном счете, общенациональная стратегия V2G представляет собой важный шаг на пути к достижению энергетической безопасности, стимулированию экономического роста и смягчению последствий изменения климата на территории Российской Федерации.

Россия, с ее обширной географией и разнообразным энергетическим ландшафтом, может значительно выиграть от интеграции технологии

"Автомобиль-сеть" (V2G). По мере того как в стране ускоряется внедрение электромобилей (EV) – благодаря таким инициативам, как производство электромобилей внутри страны и расширение инфраструктуры зарядки, – потенциал V2G для революционного изменения российской электросети становится все более очевидным.

Технология V2G выходит за рамки традиционной роли электромобилей как простых потребителей электроэнергии. Она превращает их в динамичные распределенные накопители энергии, способные как получать энергию из сети, так и подавать ее обратно при необходимости. Этот двунаправленный поток энергии является ключом к решению ряда важнейших задач, стоящих перед энергетическим сектором России.

Во-первых, V2G может повысить стабильность электросетей, особенно в отдаленных регионах, где сетевая инфраструктура зачастую менее надежна. Электромобили, объединенные с помощью платформ V2G, могут выступать в качестве буфера, поглощая избыточную энергию в периоды низкого спроса и высвобождая ее для удовлетворения пиковых потребностей. Эта возможность особенно важна для снижения колебаний напряжения и предотвращения отключений электроэнергии, особенно в районах, зависящих от устаревающей инфраструктуры или переживающих быстрый промышленный рост.

Во-вторых, V2G предоставляет мощный механизм для интеграции растущего портфеля возобновляемых источников энергии в России, таких как солнечная энергия и энергия ветра. Неустойчивый характер этих источников энергии часто создает проблемы для стабильности электросетей. Однако благодаря V2G электромобили могут накапливать излишки возобновляемой энергии, вырабатываемой в периоды пиковой производительности, и отправлять ее, когда спрос на нее высок или возобновляемая генерация находится на низком уровне. Такая синергия позволяет максимально эффективно использовать возобновляемые

источники энергии, снижает зависимость от ископаемого топлива и способствует достижению целей России в области изменения климата.

Кроме того, V2G предлагает экономические стимулы для владельцев электромобилей. Участвуя в программах V2G, водители электромобилей могут получать доход за счет предоставления сетевых услуг, таких как регулирование частоты, снижение пиковых нагрузок и вспомогательные услуги. Этот источник дохода может помочь компенсировать стоимость владения электромобилями, еще больше стимулируя внедрение и ускоряя переход к более экологически чистой транспортной системе.

Успешное внедрение V2G в России требует стратегических инвестиций в передовую сетевую инфраструктуру, защищенные сети связи и надежную нормативно-правовую базу. В нескольких регионах уже реализуются пилотные проекты, демонстрирующие практическую осуществимость и преимущества технологии V2G в российских условиях. По мере расширения и развития этих инициатив Россия может позиционировать себя как лидера в области инноваций V2G, прокладывая путь к более устойчивому и экономически динамичному энергетическому будущему. Используя свой технологический опыт и огромные энергетические ресурсы, Россия может раскрыть весь потенциал V2G и создать модель, которой будут следовать другие страны. Это включает в себя не только использование существующей сетевой инфраструктуры, но и внедрение инновационных технологий интеллектуальных сетей, которые разрабатываются в стране для оптимизации использования парка электромобилей для электросетевых услуг. Инвестиции в кибербезопасность также имеют первостепенное значение для обеспечения надежности и защищенности систем V2G, защищающих от потенциальных кибератак.

Технология Vehicle-to-Grid (V2G), использующая инфраструктуру двунаправленной зарядки по всей России, представляет собой смену парадигмы взаимодействия электромобилей (EV) с национальной

энергосистемой. В основе V2G лежат сложные системы зарядки, способные как получать энергию от сети для зарядки электромобильного аккумулятора, так и возвращать ее в сеть от электромобильного аккумулятора. Этот двусторонний поток энергии открывает возможности для целого ряда важнейших применений, особенно актуальных в контексте разнообразного энергетического ландшафта России и амбициозных целей модернизации. Последствия этого выходят далеко за рамки простой зарядки электромобилей; они открывают стратегический путь к стабилизации энергосистемы, интеграции возобновляемых источников энергии и повышению энергетической безопасности по всей стране [2].

Вот как V2G готова преобразовать энергетическую инфраструктуру России:

- **Снижение пиковой нагрузки и реагирование на спрос:** В России наблюдаются значительные региональные различия в спросе на электроэнергию, при этом пиковые нагрузки создают нагрузку на инфраструктуру и часто требуют ввода в действие дорогостоящих и экологически опасных электростанций (часто работающих на газе или угле). Электромобили с поддержкой V2G могут выступать в качестве распределенных накопителей энергии, возвращая энергию в сеть в периоды пикового спроса. Это снижает зависимость от традиционных электростанций, работающих в пиковый период, снижает общие затраты на электроэнергию для потребителей и сокращает выбросы парниковых газов. В рамках пилотных программ в таких городах, как Москва и Санкт-Петербург, изучается возможность использования аккумуляторов EV для обеспечения значительного запаса хода.

- **Регулирование частоты и вспомогательные услуги сети:** Поддержание стабильной частоты сети (в России обычно 50 Гц) имеет решающее значение для надежной подачи электроэнергии. Аккумуляторы EV, обладающие способностью к быстрому реагированию, могут подавать

или поглощать энергию в течение миллисекунд, чтобы нейтрализовать отклонения частоты, вызванные внезапными изменениями спроса или предложения. Это предоставляет ценные дополнительные услуги сетевому оператору (например, системному оператору Единой энергетической системы), повышая общую стабильность и отказоустойчивость сети.

- Стабилизация электросети и поддержание напряжения: обширная география России и стареющая сетевая инфраструктура создают серьезные проблемы с регулированием напряжения. Электромобили с поддержкой V2G могут обеспечить поддержку реактивной мощности, помогая стабилизировать уровень напряжения и снизить потери при передаче, особенно в отдаленных районах или регионах с высоким уровнем распространения распределенной генерации (например, солнечные электростанции в южных регионах). Это особенно важно, поскольку Россия расширяет свои возможности в области возобновляемой энергетики.

- Интеграция возобновляемых источников энергии и сокращение их использования: Россия обладает значительным потенциалом в области возобновляемых источников энергии, особенно солнечной, ветряной и гидроэнергетики. Однако неустойчивый характер использования солнечной и ветряной энергии может создавать проблемы для стабильности энергосистемы. Системы V2G могут поглощать избыточную энергию из возобновляемых источников в периоды высокой выработки и низкого спроса, эффективно накапливая ее в аккумуляторах электромобилей. Это сокращает потребность в сокращении производства энергии из возобновляемых источников (отходов) и максимизирует ее использование, способствуя переходу России на более экологически чистую энергетику. Например, V2G может быть стратегически развернут вблизи ветряных электростанций в таких регионах, как Арктика, для сбора и хранения избыточной энергии, вырабатываемой в ветреные периоды.

- Аварийное резервное питание и устойчивость сети: В случае перебоев в подаче электроэнергии (которые могут произойти из-за погодных явлений, отказов оборудования или других сбоев) электромобили с поддержкой V2G могут обеспечить резервным питанием дома, предприятия, больницы и критически важную инфраструктуру. Это повышает устойчивость электросетей и обеспечивает важнейшую систему безопасности для населения, особенно в отдаленных и уязвимых районах России. Эта возможность особенно актуальна, учитывая разнообразие климатических условий и проблем с инфраструктурой в России.

Кроме того, успешное внедрение V2G в России зависит от решения нескольких ключевых вопросов [3]:

- Развитие надежной инфраструктуры двусторонней зарядки: Инвестиции в широкую сеть зарядных станций, совместимых с V2G, по всей стране имеют важное значение.

- Создание четкой нормативно-правовой базы: Разработка политики и нормативных актов, стимулирующих участие в V2G и гарантирующих справедливую компенсацию владельцам электромобилей, предоставляющим сетевые услуги, имеет решающее значение.

- Развитие технологий интеллектуальных сетей: Интеграция систем V2G с передовыми технологиями интеллектуальных сетей, включая системы мониторинга, управления и связи в режиме реального времени, необходима для обеспечения оптимальной производительности.

- Соображения кибербезопасности: Защита систем V2G от киберугроз имеет первостепенное значение для обеспечения сетевой безопасности и предотвращения нарушения электроснабжения злоумышленниками.

- Просвещение потребителей и повышение осведомленности: Повышение осведомленности владельцев электромобилей о преимуществах V2G и устранение любых опасений по поводу ухудшения качества батареи

или финансовых стимулов имеет решающее значение для широкого внедрения.

- Активно решая эти задачи и используя свои существующие технологические преимущества, Россия может полностью раскрыть потенциал технологии V2G и проложить путь к более устойчивой и современной энергетике будущего. Внедрение V2G соответствует более широким стратегическим целям России в области энергетической независимости, технологических инноваций и экологической устойчивости.

По мере того как Россия сталкивается со сложностями модернизации своей энергетической инфраструктуры и диверсификации источников энергии, технология Vehicle-to-Grid (V2G) становится мощным решением, способным изменить энергетический ландшафт страны. Технология V2G, которая позволяет автомобилям не только получать энергию из сети, но и отправлять ее обратно, предлагает множество преимуществ, которые выходят далеко за рамки отдельных потребителей и влияют на стабильность, экологичность и экономику всей энергетической системы России.

Вот более подробный обзор ключевых преимуществ, которые V2G предоставляет России:

- Снижение пикового спроса и нагрузки на энергосистему: обширная география России и различная плотность населения создают уникальные проблемы для распределения энергии. V2G может выступать в качестве децентрализованного энергетического буфера, стратегически используя объединенные мощности по хранению энергии автомобилей для значительного снижения пикового спроса. Такой упреждающий подход сводит к минимуму необходимость в дорогостоящей модернизации существующей сетевой инфраструктуры и строительстве новых электростанций, особенно в быстро развивающихся регионах.

- Повышение стабильности и отказоустойчивости энергосистемы: Российская энергосистема, как и любая крупная сеть, подвержена

колебаниям частоты и напряжения. Технология V2G позволяет предоставлять услуги по стабилизации энергосистемы в режиме реального времени, динамически регулируя поток энергии для поддержания оптимальной частоты, поддержания напряжения и компенсации реактивной мощности. Такая повышенная стабильность имеет решающее значение для обеспечения надежного электроснабжения по всей стране, сводя к минимуму риск отключения электроэнергии и сбоев в работе.

- Ускорение интеграции возобновляемых источников энергии: Россия обладает значительным потенциалом для развития возобновляемых источников энергии, включая солнечную, ветровую и гидроэнергетику. Однако непостоянный характер этих источников энергии создает проблемы для интеграции энергосистем. V2G может выступать в качестве гибкого источника энергии, поглощая избыток возобновляемой энергии в периоды высокой выработки и возвращая ее в сеть при высоком спросе. Этот сглаживающий эффект способствует плавной интеграции возобновляемых источников энергии, прокладывая путь к более чистому и устойчивому энергетическому балансу.

- Создание экономических возможностей для владельцев электромобилей: V2G превращает электромобили из простых потребителей электроэнергии в активных участников энергетического рынка. Участвуя в программах V2G, владельцы электромобилей могут получать доход от предоставления сетевых услуг, получая компенсацию за энергию, которую они сбрасывают обратно в сеть. Этот финансовый стимул ускоряет внедрение электромобилей и способствует установлению взаимовыгодных отношений между владельцами электромобилей и энергетической системой.

- Оптимизация энергопотребления и снижение затрат: V2G позволяет владельцам электромобилей использовать тарифы с учетом времени использования, заряжая свои автомобили во внепиковые часы, когда цены на электроэнергию ниже, и расходуя энергию в часы пик, когда цены

выше. Такой стратегический подход к управлению энергопотреблением обеспечивает значительную экономию средств для владельцев электромобилей, что делает электротранспорт еще более привлекательным с экономической точки зрения.

- **Обеспечение экологической устойчивости:** Расширяя возможности использования возобновляемых источников энергии и снижая зависимость от электростанций, работающих на ископаемом топливе, V2G способствует значительному сокращению выбросов парниковых газов и улучшению качества воздуха по всей России. Это соответствует приверженности России принципам экологической устойчивости и ее усилиям по борьбе с изменением климата. Кроме того, снижение зависимости от централизованного производства электроэнергии может привести к улучшению местных экологических условий, особенно в городских районах.

Россия, с её обширной территорией и энергетическими проблемами, обладает большим потенциалом для развития технологии Vehicle-to-Grid (V2G).

Ключевые преимущества V2G для России [4]:

- **Оптимизация гидроэнергетики:** V2G может сглаживать колебания выработки гидроэлектростанций, используя электромобили для накопления избыточной энергии и возврата её в сеть при дефиците.

- **Энергоснабжение удаленных районов:** Электромобили, заряжаемые от возобновляемых источников, могут стать надёжным и экологичным источником энергии для изолированных поселений, заменяя дизельные генераторы.

- **Устойчивость микросетей:** V2G повышает надёжность микросетей, интегрируя электромобили в качестве накопителей энергии и позволяя владельцам продавать излишки энергии.

- Экономический рост и инновации: Внедрение V2G стимулирует развитие сопутствующих отраслей, создаёт новые рабочие места и позиционирует Россию как лидера в области интеллектуальной энергетики.

Для реализации потенциала V2G необходимы инвестиции в исследования и разработки, поддерживающая политика и развитие государственно-частного партнерства.

Россия стоит на пороге энергетической революции, поскольку конвергенция солнечной энергетики и технологии V2G (Vehicle-to-Grid) может изменить энергетический ландшафт страны. В то время как внедрение солнечной энергии растет по всей стране, особенно в регионах с высокой инсоляцией, интеграция ее с системами V2G открывает мощный путь к энергетической независимости и устойчивости электросетей. Такая синергия позволяет накапливать избыточную солнечную энергию, полученную в светлое время суток, в аккумуляторах электромобилей (EV). Эта накопленная энергия затем может быть возвращена в сеть во время пикового спроса или при низкой выработке солнечной энергии, создавая двунаправленный поток энергии, который стабилизирует работу сети и снижает зависимость от традиционных видов ископаемого топлива.

Концепция V2G сама по себе представляет собой фундаментальный сдвиг в нашем взгляде на электромобили – от простых потребителей электроэнергии к активным участникам управления энергопотреблением. Используя возможности коллективного накопления энергии в парках электромобилей, Россия может повысить стабильность электросетей, интегрировать больше возобновляемых источников энергии и даже создать новые источники дохода для владельцев электромобилей. Представьте себе, например, целые парки электробусов, которые повышают стабильность работы сети в часы пик и приносят доход своим операторам.

Однако широкое внедрение интегрированных с солнечной энергией систем V2G в России сталкивается с рядом проблем. К ним относятся:

- Отсутствие стандартизированных протоколов и нормативно-правовой базы: необходимы четкие стандарты для обеспечения взаимодействия между электромобилями, зарядной инфраструктурой и сетью.

- Ограниченное количество транспортных средств с поддержкой V2G: Несмотря на то, что некоторые производители внедряют технологию V2G, крайне важно обеспечить более широкую доступность совместимых транспортных средств.

- Инфраструктурные ограничения: Существующая в России сетевая инфраструктура может потребовать модернизации для обеспечения двунаправленного потока энергии от систем V2G.

Препятствия для внедрения потребителями: необходимо решить проблемы, связанные с износом батарей и экономической жизнеспособностью V2G, чтобы стимулировать широкое участие.

Выводы. Несмотря на эти препятствия, потенциальные преимущества V2G, интегрированного с солнечной энергией, слишком значительны, чтобы их игнорировать. В различных регионах России уже реализуются пилотные проекты, в рамках которых изучается возможность внедрения технологии V2G и ее эффективность. Благодаря стратегическим инвестициям в исследования и разработки, поддерживающей политике правительства и сотрудничеству в масштабах всей отрасли Россия может полностью раскрыть потенциал солнечной энергии и V2G, проложив путь к более чистому, устойчивому и энергетически безопасному будущему. Развитие местных производственных мощностей для компонентов V2G и адаптация лучших международных практик к российским условиям будут иметь решающее значение для успеха. Конечная цель - децентрализованная, устойчивая энергетическая система, работающая на возобновляемых источниках и усиленная интеллектуальной интеграцией электромобилей [5].

По всей России оптимизация состояния аккумуляторов электромобилей (EV) и управление энергопотреблением имеют решающее значение для их широкого внедрения. Хотя деградация аккумуляторов неизбежна – их емкость, как правило, уменьшается в течение нескольких циклов зарядки, что может существенно повлиять на запас хода в течение нескольких лет, – появляются инновационные подходы для смягчения этих последствий. Рекомендации, такие как поддержание уровня заряда в пределах 20-80%, когда это возможно, могут продлить срок службы аккумулятора.

Кроме того, интеграция технологии Vehicle-to-Grid (V2G) с возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечная энергия, открывает новые возможности. Такая синергия позволяет электромобилям выступать в качестве распределенных накопителей энергии, как забирая энергию из сети, так и возвращая ее в сеть. Это не только улучшает экологическое воздействие электромобилей, но и обеспечивает потенциальную экономию средств. Для обеспечения плавного перехода России необходимо уделить приоритетное внимание разработке надежных систем энергоменеджмента и гибких тарифных структур, стимулирующих использование возобновляемых источников энергии. Стратегические инвестиции в эти области проложат путь к более чистому, устойчивому и экономически привлекательному будущему электромобилей по всей стране.

Список использованной литературы

1. Кравченко, Е. В. Обзор современных технологий накопления энергии / Е. В. Кравченко // Компетентность. – 2023. – № 1. – С. 33-38. – DOI 10.24412/1993-8780-2023-1-33-38.
2. Никитин, А. М. Альтернативная энергетика и перспективы развития в России / А. М. Никитин // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: Сборник материалов международной научно-технической конференции, Брянск, 17–19 апреля 2023 года / Брянский государственный аграрный университет. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2023. – С. 123-128.

3. Дарьина, П. И. Возобновляемые источники энергии и перспектива совместного использования с традиционной энергетикой / П. И. Дарьина, М. Ф. Набиуллина // Энергетика и автоматизация в современном обществе: МАТЕРИАЛЫ VI Всероссийской научно-практической конференции обучающихся и преподавателей, Санкт-Петербург, 11 мая 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2023. – С. 7-11.

4. Особенности комплексного использования ВИЭ с целью повышения эффективности энергоустановок / А. А. Каграманова, Р. Р. Арушанян, А. Р. Декусарова [и др.] // Referatotech: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т., Краснодар, 23 октября 2021 года / Кубанский государственный технологический университет, Институт нефти, газа и энергетики. Том 1. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом - Юг", 2022. – С. 205-208.

5. Перминов, Э. М. Вопросы экологии энергетики и изменения климата / Э. М. Перминов // Энергетика зарубежом. Приложение к журналу "Энергетик". – 2024. – № 1. – С. 29-51.

УДК 502.335

АНАЛИЗ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА С ЦЕЛЬЮ РАЗУМНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Грабовская Наталья Ивановна, магистр биологии, сеньор-лектор,

Монтай Алтын Сабыргельдыкызы, студент,

Кусаинова Диана Жораевна, студент

НАО «Кокшетауский университета им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау,

Казахстан, e-mail: NGrabovskaya@shokan.edu.kz

Аннотация. *Посредством расчёта процентного соотношения основных составляющих потребления определена итоговая величина индивидуального экологического следа респондентов. Акцентируется внимание на необходимости комплексного подхода к решению экологических проблем и важности осознания индивидуальной ответственности каждого человека за состояние биосферы.*

Ключевые слова: индивидуальный экологический след, глобальный гектар, ресурсный потенциал биосферы, дефицит биоёмкости, «День экологического долга Земли».

ANALYSIS OF INDIVIDUAL ECOLOGICAL FOOTPRINT FOR THE PURPOSE OF WISE CONSUMPTION AS A FACTOR OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Grabovskaya N.I., Montai A. S., Kusainova D. Zh.

Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov, Kokshetau

Annotation. By calculating the percentage ratio of the main components of consumption with the help of a special calculator, the final value of the respondents' individual ecological footprint is determined; attention is emphasized on the need for an integrated approach to solving environmental problems and the importance of realizing the individual responsibility of each person for the state of the biosphere.

Keywords: individual ecological footprint, global hectare, biosphere resource potential, biocapacity deficit, “Earth Ecological Debt Day”.

Введение

В деле сохранения ресурсного потенциала биосферы Земли должны принимать участие не только правительство, бизнес и производство, но и каждый землянин может внести свой посильный вклад. Главным лейтмотив – «Начни с себя!». И здесь немаловажную роль играет экологическая грамотность, просвещение и осведомлённость населения.

Индикатор экологического следа (ЭС) является одним из наиболее популярных экологических показателей потребления и воздействия на биоёмкость биосферы. Главная его идея заключается в оценке устойчивого развития страны или региона путем количественного определения

потребляемых ресурсов и образующихся отходов в их взаимосвязи с возможностями планеты производить эти ресурсы и поглощать отходы [1]. Существует множество калькуляторов, с помощью которых каждый может определить свой индивидуальный ЭС. Индивидуальный ЭС, выраженный в глобальных гектарах, наглядно демонстрирует то, как каждый из нас использует ресурсы и тем самым негативно воздействует на планету.

Для определения индивидуального экологического следа был выбран калькулятор на сайте «Заповедники» - эколого-просветительский центр [2]. Выбор данного калькулятора ЭС обоснован тем, что он на русском языке, а запрашиваемые величины используемых ресурсов (количество еды, энергоресурсы и пр.) приводятся в метрической системе мер и весов. Результаты проведённого исследования по определению ЭС студентов-экологов приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1

Составляющие экологического следа и его значение в глобальных гектарах (гга/чел)

Категория потребления, в %	Респонденты и %-ная составляющая их ЭС в различных категориях потребления										Среднее значение, %
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№10	
Еда	33	47	26	44	20	15	50	41	40	32	35 ±11,5
Транспорт	5	2	3	1	40	26	3	2	14	3	10±13
Жилище	9	19	34	25	15	35	8	4	3	9	16±11
Мусор	23	9	20	13	8	13	8	19	18	35	16,5±8
Прочее	30	23	17	17	17	11	31	34	25	21	23±7
Экологический след											
Количество глобальных гектар, гга	3	4	6	6	6	10	3	3	4	5	5±2
Количество планет, необходимое для удовлетворения потребностей	1	2	3	3	3	6	1	1	2	3	2,5±1,5

Из данных, представленных в таблице следует, что более трети составляющей ЭС (35%) – это «Еда», т. е. ресурсы планеты, затрачиваемые на выращивание и производство продуктов питания. Жилище и транспорт, на наш взгляд, это наиболее существенная составляющая углеродного следа в составе ЭС, особенно учитывая особенности холодного, резкоконтинентального климата северного Казахстана, – в совокупности категории «Транспорт» и «Жилище», т. е. ресурсы, связанные с использованием горючего, электроэнергии, отопления и пр., составляют 26% общей величины ЭС. Также в данном калькуляторе учтены воздействия на окружающую среду, связанные с образованием отходов потребления, так как их деградация, приводящая к образованию углекислого газа и прочих поллютантов, происходит в окружающей среде, и составляющая доля ЭС в данной категории равна в среднем 16,5%. Конечно же, подобные расчёты во многом условны, т. к. жизнь людей многогранна и многовариативна, поэтому точно учесть все составляющие ЭС конкретно взятого человека, зависящие от множества факторов, практически невозможно, поэтому в данном калькуляторе есть категория «Прочее», куда и входят все неучтённые «траты» (в среднем 23%). После определения процентного соотношения основных составляющих потребления рассчитывается итоговая величина ЭС, выраженная в глобальных гектарах на человека, а также количество планет с биологической продуктивностью Земли, необходимых для его покрытия (см. таблицу). Согласно полученным данным, в среднем ЭС респондентов равен **5 гга/чел**, что в **2,5 раза** превышает ресурсный потенциал биосферы Земли (требуется 2,5 планеты для его удовлетворения).

Для интерпретации полученного значения ЭС в сравнении с данными о биоёмкости экосистем Казахстана и статистическими данными об ЭС населения Казахстана, мы обратились к сайту *GlobalFootprintNetwork* [3], где имеются показатели за 2022 г. Согласно данным *GlobalFootprintNetwork* за 2022 г., в Казахстане, где численность населения на тот момент составляла

19,4 млн., биоёмкость среды на одного человека составляла 3,8 гга/чел, в то время как фактический средний ЭС был равен 4,3 гга/чел. Дефицит биоёмкости на 2022 г. составлял 0,5 гга; для компенсации такой величины дефицита требуется 2,84 планет с ресурсным потенциалом биосферы эквивалентным Земле. Сравнивая статистические данные с результатами проведённых расчётов в 2025 г. (см. рис. 1), можно констатировать увеличение величины ЭС на 0,7 гга/чел (4,3 и 5 гга/чел соответственно), что ещё больше усугубляет ресурсный дефицит, который теперь равен 1,2 гга при условии, что за это время биоёмкость экосистем Казахстана, а, следовательно, её ресурсный потенциал не изменился.

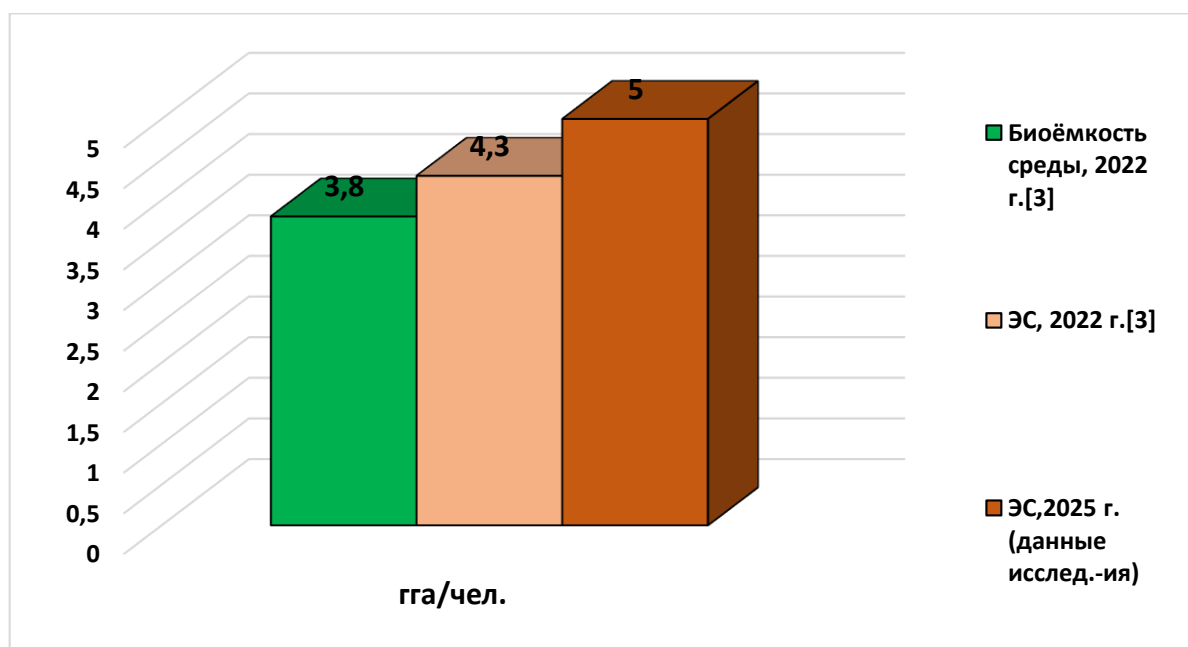


Рис. 1. Соотношение биоёмкости экосистем Казахстана с ЭС населения (гга/чел) в 2022 г.[3] и 2025 г. (по данным исследования)

Полученные результаты ярко иллюстрирует проблему перепорбления, хотя студенты чаще всего относятся к категории населения с невысоким уровнем жизни, не обладающим значительными финансовыми возможностями, а потому не имеющими высокого потенциала к потреблению.

Природные ресурсы лежат в основе долгосрочного богатства каждой страны. Однако рост численности населения и всё увеличивающееся потребление, которое диктуется и зачастую агрессивно навязывается самой моделью развития современного общества, оказывает всё более существенное давление на эти критически важные активы. Согласно расчетам, основанным на Национальных счетах экологического следа и биоёмкости, которые в настоящее время ведутся Йоркским университетом под руководством некоммерческой организации под названием *Footprint Data Foundation (FoDaFO)* [4], в 2025 г. «День экологического долга Земли», т. е. день, когда человечество израсходуем весь годовой запас ресурсов и начнём жить «в долг», придётся на **1 августа**.

Исходя из даты наступления экологического долга, путём несложных расчётов можно установить, что в текущем году спрос человечества на ресурсы, его ЭС, на 42% превысит способность планеты его удовлетворять, и Земле требуется один год и пять месяцев, чтобы восстановить то, что человечество использует в течение года. Это и есть величина глобального «экологического дефицита» или «перерасход», истощающая природный капитал, от которого зависят как жизнь социума, так и биологическое разнообразие нашей планеты. Издержки этого глобального перерасхода ресурсов становятся все более ощутимыми и объективно проявляются в виде вырубки лесов, эрозии почвы, утраты биоразнообразия и накоплении углекислого газа в атмосфере. Эти действия приводят к изменению климата, более частым экстремальным погодным явлениям и снижению производства продуктов питания. Необходимо разорвать этот порочный круг, а это невозможно, пока каждый землянин не осознает свою личную моральную ответственность в глобальном масштабе. Такова, например, риторика директора правления Фонда Пан Ги Муна "За лучшее будущее", лауреата Нобелевской премии мира (2007 г.), профессора Рае КвонЧунга, который в период с 25 февраля по 29 апреля 2025 г. читает курс лекций «*TURNING*

CARBON NEUTRALITY INTO OPPORTUNITY FOR NEW CLIMATE ECONOMY FOR KAZAKHSTAN» для студентов, магистрантов, докторантов и преподавателей Кокшетауского университета им. Ш. Уалиханова. Он является одним из ведущих исследователей по устойчивому развитию в мире, входит в Межправительственную группу экспертов по изменению климата (МГЭИК) и в её составе разработал концепцию низкоуглеродного «зелёного роста» - новую парадигму, подразумевающую создание новых рабочих мест и экономическое развитие стран при одновременной борьбе с изменениями климата. Рае Квон Чунг предложил механизм «экологически чистого развития», когда развивающиеся страны могут самостоятельно инициировать проекты по уменьшению выбросов парниковых газов. На своих лекциях Нобелевский лауреат говорит о сотрудничестве бизнеса государства и общества, не раз акцентируя внимание на невозможности изменить мир при перекладывании ответственности на других, поэтому важен вклад каждого человека.

Выводы

Разрозненные действия малоэффективны, поэтому необходимо выстраивать новую экономическую систему. Это должно содержать комплекс различных путей: развитие «зелёной» экономики, переход к ресурсосберегающим и энергоэффективным технологиям, формированию модели циркулярной экономики и пр. Кроме того, важным фактором является разумное потребление осознанного выбора каждого гражданина добровольно вносит свой личный вклад, тем самым способствуя реализации глобальной идеи устойчивого развития. Только такой осознанный подход и понимание каждым своей личной ответственности поможет успешно реализовать «зелёные» идеи и изменить мир к лучшему.

Список использованной литературы

1. Саушева О. С. Экологический след современных социально-экономических систем: измерение и тенденции /О. С. Саушева// Экономика и экологический менеджмент. –2020.– №3.[Электронный ресурс]:<https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskiy-sled->

[sovremennyh-sotsialno-ekonomicheskikh-sistem-izmerenie-i-tendentsii](#) (Дата обращения: 21.03.2025).DOI: 10.17586/2310-1172-2020-13-3-89-97

2. Заповедники. Эколого-просветительский центр. Калькулятор экологического света// [Электронный ресурс]:https://ecoday.mts.ru/?utm_source=chatgpt.com(Дата обращения 14. 03.2025).

3. Global Footprint Network// [Электронный ресурс]: <https://www.footprintnetwork.org> (Дата обращения 14. 03.2025).

4. Footprint Data Foundation (FoDaFO): <https://www.fodafo.org/> (Дата обращения 14. 03.2025).

УДК 502.335

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД: ВЗАИМОСВЯЗЬ И ПУТИ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОСФЕРУ

Грабовская Наталья Ивановна, магистр биологии, сеньор-лектор,

Бенёвская Кристина Валерьевна, студент,

Ринатова Карина Ринатовна, студент

НАО «Кокшетауский университета им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау,

Казахстан, e-mail: NGrabovskaya@shokan.edu.kz

Аннотация. В статье выполнен анализ взаимосвязи между экологическим и углеродным следом. При анализе статистических данных как основной фактор выявляются выбросы парниковых газов, которые негативно воздействуют на биосферу и приводящий к снижению её биокапацитета. Рассмотрены пути нивелирования данного негативного воздействия посредством уменьшения углеродного следа производства и потребления.

Ключевые слова: экологический след, биокапацитет, углеродный след, глобальный гектар, экологический дефицит/профицит.

ENVIRONMENTAL AND CARBON FOOTPRINT: INTERRELATIONSHIPS AND WAYS TO REDUCE NEGATIVE IMPACTS ON THE BIOSPHERE

Grabovskaya N.I., Benevskaya K. V., Rinatova K. R.

Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov, Kokshetau

Annotation. The article analyzes the relationship between the environmental footprint and the carbon footprint. Through the analysis of statistical data, the main factor is identified – greenhouse gas emissions, which negatively affect the biosphere and lead to a decrease in its biocapacity, as well as ways to offset this negative impact by reducing the carbon footprint of production and consumption.

Keywords: ecological footprint, biocapacity, carbon footprint, global hectare, ecological deficit/surplus.

Введение

Впервые индикатор ЭС был введён в начале 90-х гг. XX века Уильямом Ризом (William Rees) и Матисом Вакернагелем (Mathis Wackernagel) (Университет Британской Колумбии) [1;2]. В настоящее время данный индикатор широко используется предприятиями, учеными, правительствами, учреждениями и частными лицами с целью мониторинга использования природных ресурсов, и продвижения идеи устойчивого развития. ЭС позволяет оценить, насколько устойчиво человечество использует природные ресурсы и насколько оно влияет на экосистемы.

Экологический след (ЭС) (или экологический след человека) – это мера воздействия человека на природу, выраженная в площади земли и водоемов, необходимых для производства ресурсов, которые он потребляет, и для поглощения отходов, которые он производит. Этот показатель включает в себя:

1.Потребление ресурсов: земля, вода, энергия, пища и другие материалы.

2.Отходы: включая углекислый газ и другие загрязняющие вещества, которые выбрасываются в атмосферу, воду и почву.

3.Биологическое разнообразие: влияние на экосистемы и виды, которые могут быть под угрозой из-за человеческой деятельности.

Глобальный гектар (гга) – это единица измерения, используемая для оценки экологического следа и биокапацитета Земли. Один глобальный гектар представляет собой среднюю продуктивность одного гектара биологически активной земли или водной поверхности на планете: пастбища, пашни, леса, акватории, а также территории, застроенные городами и дорогами. Глобальные гектары используются для оценки количества природных ресурсов необходимых для поддержания определенного уровня потребления и деградации отходов. Для оценки степени воздействия на окружающую среду и потребления ресурсов сравнивают экологический след потребления с биологической ёмкостью территории [3]. Например, если у человека экологический след составляет 2 глобальных гектара, это означает, что для поддержания его образа жизни требуется площадь, эквивалентная двум гектарам биологически активной земли. Такого рода концепция помогает понять, насколько устойчивым является наше потребление ресурсов и как оно соотносится с возможностями планеты по их восстановлению.

Если в данном регионе экологический след человека (уровень потребления) превышает биоёмкость среды (продуктивность территории), то говорят об экологическом дефиците, что свидетельствует об опережении потребления ресурсов, что нарушает баланс между био- и техносферой. В том случае, когда биоёмкость территории больше, чем экологический след, то тогда формируется экологический профицит (избыток), свидетельствующий о том,

что человеческая деятельность компенсирована восстановительным потенциалом природных экосистем [4].

Выбросы CO_2 (углекислого газа), образующиеся при сжигании ископаемого топлива, являются основным видом отходов, учитываемых в индикаторе экологического следа. *Углеродный след (carbonfootprint)* — это более узкое понятие, чем экологический след, которое относится к количеству углекислого газа (CO_2) и других парниковых газов, выбрасываемых в атмосферу в результате деятельности человека. Он измеряется в эквиваленте CO_2 и включает в себя как прямые выбросы (от сжигания ископаемого топлива для транспорта, отопления и производства электроэнергии), так и косвенные выбросы, связанные с производством товаров и услуг, которые человек потребляет (например, выбросы от производства пищи, одежды и т.д.). Углеродный след является важной составляющей экологического следа, так как он напрямую влияет на изменение климата и глобальное потепление [5]. Экологический след и углеродный след взаимосвязаны, поскольку углеродные выбросы являются одной из ключевых составляющих общего воздействия человека на природу.

О прямо пропорциональной связи глубины экологического и углеродного следа можно судить, анализируя статистические данные, приведённые *Global Footprint Network* [6]. Нами были проанализированы и сравнены данные о соотношении биоёмкости мира и экологическом дефиците/профиците за 2016 и 2019 годы (данные за 2020 г. и последующие пока отсутствуют) (см. таблицу 1).

Таблица 1

**Биоёмкость мира, глобальный экологический след и
экологический дефицит/профицит, 2016, 2019 гг., гга/чел.**

Категория Значение	Застроенная земля		Выбросы CO ₂		Пашня		Рыболовные угодья		Лесные угодья		Пастбища		Итого	
	2016	2019	2016	2019	2016	2019	2016	2019	2016	2019	2016	2019	2016	2019
Общая биоемкость мира, гга/чел.	0,06	0,06	0	0	0,53	0,5	0,15	0,14	0,68	0,66	0,2	0,19	1,63	1,55
Общий экол.-ий след мира	0,06	0,05	1,65	1,46	0,53	0,48	0,09	0,1	0,27	0,3	0,14	0,16	2,75	2,56
Экологический дефицит/профицит, гга/чел.	0	0,01	-1,65	-1,46	0	0,02	0,06	0,04	0,41	0,36	0,06	0,03	-1,12	-1,01

Представленные в таблице данные дают общее представление о глобальном экологическом следе в сравнении с общей имеющейся биоемкостью за выбранные для анализа и сравнения 2016 и 2019 гг. Становится очевидным, что основной причиной «перерасхода» ресурсов нашей планеты является именно использование ископаемых видов топлива, а основная проблема, предопределяющая значительный экологический дефицит, – это выбросы парниковых газов и, конкретно, оксида углерода (IV). *Global CO₂ emissions* приводит статистику по группам стран по изменению глобальных выбросов парниковых газов, связанных с сжиганием углеводородов, за 2017-2019 гг. [7]. Согласно представленным данным, после роста суммарного объёма выбросов CO₂ в 2017 и в 2018 годах, глобальные выбросы в 2019 году не изменились (33 гигатонны), в то время как мировая экономика выросла на 2,9%. Снижение количества парниковых газов в странах с развитой экономикой связано, главным образом, с сокращением выбросов в энергетическом секторе благодаря увеличению

доли возобновляемых источников энергии (гелио- и ветроэнергетика), переходу от сжигания угля к использованию более экологичного природного газа, а также увеличению производства атомной энергии. Необходимо учесть и такие дополнительные факторы как глобальное потепление климата, особенно ощутимое в умеренных широтах, а также замедление экономического роста на некоторых развивающихся рынках [7]. В итоге мировой биологический дефицит снизился на 0,11 гга (с 1,12 до 1,01), что в глобальных масштабах весьма существенно

Выводы. Установлено, что снижение углеродного следа, а в идеале достижение углеродной нейтральности, обеспечивает уменьшение общего объема ЭС, а, следовательно, достижению и выполнению задач устойчивого развития и сохранения экосистем. Следует выделить основные пути, обеспечивающие достижение данной цели:

1. Переход на возобновляемые источники энергии: увеличение доли солнечной, ветровой, гидро- и геотермальной энергии в энергетическом балансе стран, что позволит сократить зависимость от ископаемых видов топлива, которые являются основными источниками выбросов парниковых газов.

2. Энергоэффективность: внедрение технологий и практик, направленных на повышение энергоэффективности в промышленности, транспорте и зданиях. (модернизация оборудования, использование энергосберегающих технологий, оптимизацию процессов и пр.).

3. Устойчивое сельское хозяйство: применение методов устойчивого земледелия, таких как агролесоводство, органическое земледелие и минимизация использования химических удобрений и пестицидов, что поможет сократить выбросы парниковых газов, связанные с производством пищи.

4. Сокращение отходов и переработка – разработка и внедрение программ по сокращению отходов, увеличению переработки и повторного

использования материалов (переход на безотходные технологии, улучшение систем управления отходами и пр.).

5. Изменение потребительских привычек – образование и информирование населения о важности устойчивого потребления, включая сокращение потребления мяса, использование общественного транспорта, покупку местных и сезонных продуктов, а также выбор товаров с низким углеродным следом.

Следует отметить, что все эти пути требуют совместных усилий правительств, бизнеса и общества для достижения значительных результатов в деле сохранения ресурсного потенциала планеты.

Список использованной литературы

1. Wackernagel M. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth/M. Wackernagel & W.E. Rees. – New Society Publishers Gabriola Island, British Columbia, Canada, 1996. – 164 pp.

2. Rees W.E. Ecological Footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out / W.E. Rees // *Environment and Urbanization*. – 1992. – № 4(2). – PP. 121–130. DOI: [10.1177/095624789200400212](https://doi.org/10.1177/095624789200400212).

3. Borucke M. Accounting for Demand and Supply of the Biosphere's Regenerative Capacity: The National Footprint Accounts' underlying Methodology and Framework. / M. Borucke, D. Moore *et al.* // *Ecological Indicator*. – 2013. – Vol. 24:513. – PP. 518–533. DOI: [10.1016/j.ecolind.2012.08.005](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.005).

4. Collins A. Living within a One Planet reality: the contribution of personal Footprint calculators\ A. Collins, A. Galliet *al.* // *Environmental Research Letters* 15(2):025008. – 2020. – PP. 1–14 DOI: [10.1088/1748-9326/ab5f96](https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5f96).

5. Умнов В. А. Углеродный след как индикатор воздействия экономики на климатическую систему / В. А. Умнов, О. С. Коробова, А. А. Скрыбина // *Вестник РГГУ. Серия: Экономика. Управление. Право*. – 2020. – № 2. – С. 85–93. <https://doi.org/10.28995/20736304-2020-2-85-93>.

6. Global Footprint Network/ [Электронный ресурс]: – <https://www.footprintnetwork.org> (Дата обращения 14. 03.2025).

7. Global CO₂ emissions in 2019 [Электронный ресурс]: <https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019> (Дата обращения 14. 03.2025).

УГРОЗЫ ИЗБЫТОЧНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ

Шарафутдинова Анастасия Валерьевна, канд. техн. наук, доцент

Хамидуллина Зульфия Нурахметовна, студент

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, e-mail: shar.fik@yandex.ru

Аннотация: *Статья посвящена исследованию культуры потребления и ее негативному воздействию на экологию. В ней рассматриваются ключевые проблемы, возникающие в результате перепотребления, а также различные сферы, затрагиваемые этой проблемой. Кроме того, статья предлагает возможные пути решения, направленные на смягчение последствий чрезмерного потребления и переход к более устойчивым моделям поведения как на уровне отдельного человека, так и общества в целом.*

Ключевые слова: *перепотребление, устойчивое развитие, культура потребления, циклическая экономика, экология, осознанное потребление.*

THREATS OF OVERCONSUMPTION

Sharafutdinova A.V., Khamidullina Z.N.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Annotation: *The article is devoted to the study of consumer culture and its negative impact on the environment. It examines the key issues that arise as a result of overconsumption, as well as the various areas affected by this problem. In addition, the article suggests possible solutions aimed at mitigating the effects of excessive consumption and the transition to more sustainable patterns of behavior both at the level of an individual and society as a whole.*

Keywords: *overconsumption, sustainable development, consumer culture, cyclical economy, ecology, conscious consumption.*

Мир достаточно велик, чтобы удовлетворить нужды любого человека, но слишком мал, чтобы удовлетворить людскую жадность.

Махатма Ганди

Введение. В современном мире потребление стало неотъемлемой частью нашей жизни. Мы покупаем одежду, электронику, еду и другие товары, часто не задумываясь о затраченных ресурсах на их производство и как они повлияют на окружающую среду после того, как мы их выбросим. Переэксплуатация природных ресурсов приводит к истощению экосистем, снижению биоразнообразия и ухудшению качества жизни. Поэтому возникает необходимость устойчивого развития, предполагающего более разумное использование ресурсов [1]. Как отметил Владимир Путин на Деловом саммите Азиатско-Тихо-океанского экономического сотрудничества в ноябре 2020 года: «Наш соотечественник Владимир Вернадский, ещё в начале XX века создал учение об объединяющем Человечество пространстве ноосфере. В нём сочетаются интересы стран и народов, природа и общество, научное знание и государственная политика. Именно на фундаменте этого учения фактически строится сегодня концепция устойчивого развития».

Перепотребление – это чрезмерное, превышающее нормальные потребности, потребление товаров и ресурсов, часто выходящее за рамки реальных потребностей людей. Это явление стало особенно заметным в последние десятилетия благодаря развитию технологий, глобализации и агрессивному маркетингу [2].

Перепотребление вызывает ряд социальных, экологических и экономических проблем, в том числе:

- Истощение природных ресурсов. Для производства товаров, которые мы покупаем, используются огромные количества воды, энергии, полезных ископаемых и других ресурсов. Например, на производство одной пары джинсов уходит около 7 500 литров воды, а для создания одного смартфона требуется более 70 различных материалов, включая редкие металлы, добыча которых наносит вред экосистемам [3].

При таких темпах потребления многие ресурсы могут исчезнуть уже в ближайшие десятилетия.

- Увеличение объёма отходов. Перепотребление приводит к огромному количеству отходов. Ежегодно в мире выбрасываются тонны твердых отходов, что ставит под угрозу не только экосистемы, но и здоровье человека. Для сравнения, в 2000 году этот показатель составлял около 1,3 миллиардов тонн, а в 2024 году объем твердых отходов составил 2,5 миллиардов тонн [4]. Этот рост подчеркивает необходимость более эффективных методов управления отходами и перехода к устойчивым практикам потребления.

- Изменение климата. Производство, транспортировка и утилизация товаров оказывают значительное влияние на окружающую среду, в частности, за счет выбросов парниковых газов. На каждом этапе жизненного цикла продукта происходит выделение углекислого газа и других парниковых газов, что способствует глобальному потеплению и изменению климата [5].

- Социальное неравенство. Перепотребление усугубляет разрыв между богатыми и бедными. В то время как одни покупают избыточное количество товаров, другие не имеют доступа к базовым ресурсам, таким как чистая вода и еда.

Проблема перепотребления касается различных сфер современного общества, таких как:

- **Мода.** Индустрия быстрой моды (fast fashion) поощряет людей покупать недорогую одежду, которая быстро выходит из моды или изнашивается. Это приводит к тому, что ежегодно в мире выбрасывается около 92 миллионов тонн текстиля, кожи, синтетического волокна и пластиковой упаковки. А производственный процесс одежды требует значительных объемов воды, энергии и включает использование токсичных красителей, что негативно сказывается на окружающей среде.

- **Еда.** Около трети всех производимых продуктов питания, что составляет примерно 1,3 миллиарда тонн в год, выбрасывается. Это происходит на всех этапах: от производства до потребления.

- **Технологии.** Компании в разных странах постоянно выпускают новые модели гаджетов, стимулируя людей обновлять свои устройства, даже если старые еще работают [6]. Это приводит к образованию около 50 миллионов тонн электронных отходов ежегодно, а добыча редких металлов, необходимых для производства этих гаджетов, наносит серьезный ущерб экосистемам.

Пути решения проблемы перепотребления:

- **Переход к циклической экономике.** Циклическая экономика предполагает, что товары должны использоваться как можно дольше, а затем перерабатываться или повторно использоваться. Это включает в себя различные инициативы, такие как программы по аренде одежды и секонд-хенды, снижающие спрос на новое производство, а также сервисы по ремонту и переработке электроники, которые способствуют продлению срока службы устройств и минимизации отходов.

- **Осознанное потребление.** Каждый из нас может внести вклад в улучшение ситуации, изменив свои привычки. Это включает в себя покупку только тех вещей, которые действительно необходимы, а также выбор качественных товаров, которые будут служить дольше. Кроме того, важно участвовать в процессах переработки и сдавать старые вещи на переработку,

тем самым способствуя уменьшению отходов и поддержанию устойчивого потребления.

- Регулирование и политика. Государства могут играть ключевую роль в борьбе с перепотреблением, вводя запреты на одноразовые товары, такие как пластиковые пакеты, и тем самым способствуя уменьшению отходов. Кроме того, государства могут стимулировать компании к переходу на устойчивые модели производства, поддерживая инициативы, направленные на экологически чистые технологии.

- Образование и просвещение. Важно рассказывать людям о последствиях перепотребления и способах его сокращения. Это можно сделать, внедряя экологическое просвещение в учебные заведения, что позволит формировать осознанное отношение к потреблению с раннего возраста [7]. Также эффективными будут информационные кампании и акции, такие как "День без покупок", которые помогут привлечь внимание к проблеме и побудят людей задуматься о своих привычках и выборе.

Вывод. Проблема перепотребления — это не только экологическая, но и социальная, экономическая и этическая проблема. Она затрагивает каждого из нас, ведь мы все являемся частью системы, которая поощряет избыточное потребление [8]. Однако, у нас есть возможность изменить эту ситуацию. Необходимость формирования экологического сознания у людей становится особенно актуальной. Переход к осознанному потреблению, поддержка устойчивых брендов и участие в экологических инициативах — это маленькие шаги, которые вместе могут привести к большим изменениям.

Каждый наш выбор имеет значение. Покупая меньше, выбирая лучше и заботясь о том, что у нас уже есть, вы помогаете сохранить планету для будущих поколений.

Список использованной литературы

1. Роговая О.Г. Реализация концепции устойчивого развития - поле инновационной социально-экономической и образовательной практики // Universum: вестник герценовского университета. 2007. № 9. - С. 7-12.

2. Слейтер Д. С. Культура потребления: история, теория и повседневная практика / Д С Слейтер. – Тамбов: Вестник Тамбовского университета. Серия: Общественные науки, 2016. – 110 с.
3. Сергеева, Т. А. (2017). Охрана окружающей среды и рациональное природопользование. М.: Юрайт, 340 с.
4. Манохин М. В. Геоэкологические факторы и нормы накопления твердых бытовых отходов / М. В. Манохин, В. Я. Манохин, С. А. Сазонова, Е. И. Головина // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. - 2015. - №4(34). - С. 370-376.
5. Михайлов, П. С., Смирнов, И. А. (2022). Климатические изменения и устойчивое развитие. Невинномысск: НГТУ, 275 с.
6. Штезель А.Ю. Использование агрессивного маркетинга как способа продвижения товаров и услуг / А.Ю. Штезель, Н.И. Денисова, В.В. Власян // Сфера услуг: инновации и качество. – 2022. – № 61. – С. 129-135.
7. Андреев М.Д. Экологическое воспитание и просвещение как эмоционально-ценностное отношение к природе // Фундаментальные исследования. - 2009. - № 7. - С. 76-78
8. Афанасьева В.В., Туркина В.Г. Общество перепотребления // Потребление как коммуникация - 2009; материалы 5 международной конференции, 26-27 июня 2009 / Под ред. В.И. Ильина, В.В. Козловского. - СПб.: Интерсоцис, 2009. - С. 20-23.

УДК 504.064.2

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ЗАПОВЕДНИКА «ПРИСУРСКИЙ»

Кузнецова Ольга Григорьевна, соискатель

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет», г. Москва, e-mail: o-g-k@list.ru

Аннотация: *Оопределены гранулометрический и химический составы почв ГПЗ «Присурский», металлы медь, цинк, марганец, связанные с органическим веществом. Установлено, что почвы автономных*

ландшафтов содержат значительные концентрации суммы поглощенных оснований. Органическое вещество, кальций и гидролитическая кислотность аккумулируются в верхних органогенных горизонтах зависимых ландшафтов. Марганец, цинк и медь, определенные в пирофосфатной вытяжке по Баскомбу, накапливаются асцендиально. Таким образом, почвы супераквальных ландшафтов богаты марганцем, цинком и медью.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, гранулометрический состав, ГПЗ «Присурский», физико-химический состав почв.*

STUDY OF THE PHYSICO-CHEMICAL COMPOSITION AND CONTENT OF HEAVY METALS IN THE SOILS OF THE RESERVE "PRISURSKY"

Kuznetsova O.G.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Abstract: *the granulometric and chemical compositions of the soils of the Prisursky gas processing plant, the metals copper, zinc, and manganese associated with organic matter, were determined. It has been established that the soils of autonomous landscapes contain significant concentrations of the sum of absorbed bases. Organic matter, calcium, and hydrolytic acidity accumulate in the upper organogenic horizons of dependent landscapes. Manganese, zinc, and copper, determined in the pyrophosphate extract according to Bascombe, accumulate ascendially. Thus, the soils of the superaqual landscapes are rich in manganese, zinc and copper.*

Keywords: *heavy metals, granulometric composition, Prisursky gas processing plant, physico-chemical composition of soils.*

Введение

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) являются своеобразными природными резервациями, сохраняющими биоразнообразие,

так как биогеоценозы неподверженными влиянию техногенеза. Исследования ООПТ необходимы для установления природных закономерностей перераспределения химических элементов, экологических особенностей экосистем. Исследования проводились на территории ГПЗ «Присурский». Растительность района исследования типичная для смешанного леса: преобладание березы, осины и липы, либо сосны и ели. Основными почвообразующими породами района исследования являются глинистые и тяжелосуглинистые материнские породы, а также древнеаллювиальные пески.

Основная часть

Отбор проб почв, грунтов, донных отложений, поверхностных вод проводился в соответствии с требованиями международных стандартов ISO 10381-1:2002, ISO 5667-1:2009 в редакциях, действующих также и в Российской Федерации. В отобранных почвенных образцах проводились как общие почвенные анализы (таб.3), так и аналитическое определение ряда химических элементов и соединений: определение кислотности водной и солевой вытяжек почвы электрометрическим методом индикаторным стеклянным электродом на потенциометре МФК – 172 [1, 4]; определение гидролитической кислотности по Каппену [1]; определение органического вещества почвы (гумуса) бихроматным методом в модификации И.В. Тюрина [1,2]; определение общего содержания органического вещества по потере при прокаливании (для органогенных горизонтов) [1,2]; определение суммы поглощенных оснований по ускоренному методу Каппена-Гольковица для некарбонатных почв [2]; определение гранулометрического состава почв и почвообразующих пород по методу Качинского (таб.1, 2; рис.1). Концентрации меди, марганца и цинка в почвенной вытяжке по Баскомбу определялись методом пламенной атомной абсорбции на приборе Спектр-5-М.

Таблица 1

Гранулометрический состав почв автономных ландшафтов

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Размеры механических частиц, мм						
		1-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
Дерново-среднеподзолистая иловато-крупнопылеватая тяжелосуглинистая на карбонатных юрских глинах								
A ₁	3-25	1,99	5,8	10,03	40,08	9,51	13,76	18,83
A ₂	25-35	1,49	2,01	10,6	46,76	10,71	15,34	13,09
A ₂ B	35-52	1,64	2,8	9,07	25,15	12,98	13,07	35,29
B	52-76	24,75	4,20	15,0	9,93	2,64	12,12	31,36
BC	76-150	3,21	1,50	6,04	6,12	20,89	10,16	52,08

Таблица 2

Гранулометрический состав почв, подчиненных супераквальных ландшафтов

Гори- зонт	Глубина взятия образца, см	Размеры механических частиц, мм						
		1- 0,25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001
Дерновая почва центральной поймы								
A ₁	3-33	5,04	5,09	12,28	38,69	13,5	14,1	11,3
B	33-52	2,05	1,28	10,9	37,8	13,15	16,86	17,96
B _{Fe}	52-67	3,46	2,29	8,5	25,5	15,34	18,56	26,35
BC	67-130	3,07	1,73	5,35	17,50	20,78	21,35	30,22

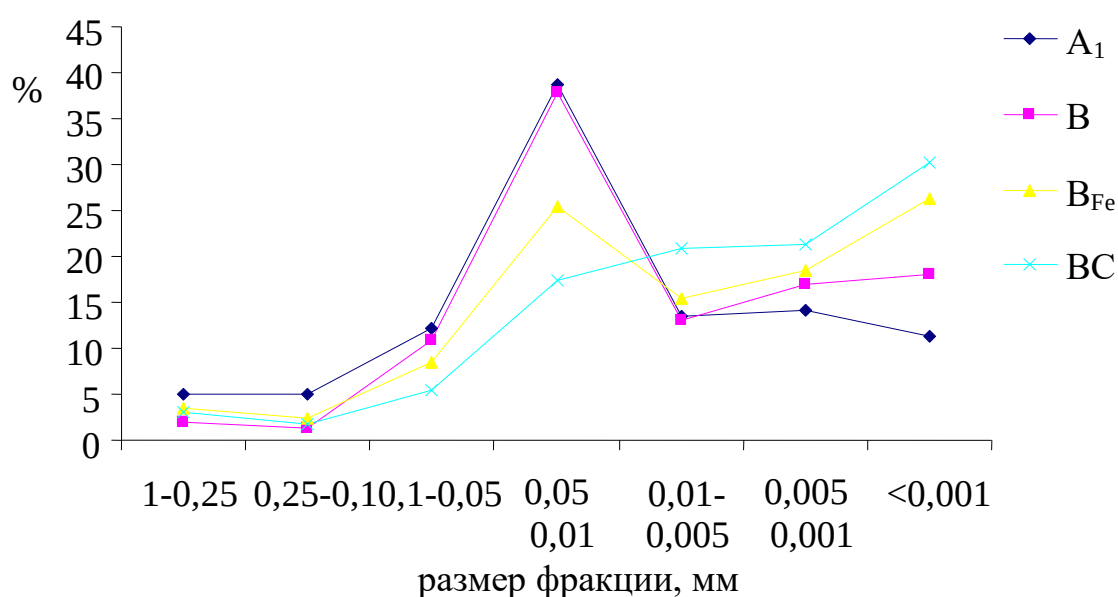


Рис. 1. Гранулометрический анализ дерновой почвы центральной поймы.

Как видно из представленного графика, почвы поймы (рис. 1) содержат до 38,69% фракции крупной пыли. Содержание тонкодисперсной фракции увеличивается с понижением горизонта почв, что так же связано с процессами вымывания. Так, в гумусово-аккумулятивном почвенном горизонте тонкодисперсных частиц зарегистрировано - 11,3%; в иллювиальном же происходит значительное возрастание - до 30,22%. Почвообразующими являлись суглинистые породы, отраженные гранулометрическим составом. Преобладающей являлась тонкодисперсная фракция, составляющая 30,22%.

Таблица 3

Химические свойства почв фоновых участков

Горизонт	Глубина, см	pH (H ₂ O)	Гидролит. кислотность, мг экв/100г.	Сумма погл. оснований, мг экв/100г.	Степень насыщ. основаниями, %	Гумус по Тюрину, %	Ca, мг экв/100 г. почвы
Дерново-среднеподзолистая иловато-крупнопылеватая тяжелосуглинистая на карбонатных юрских глинах							
A ₁	3-25	5,95	6,97	22,10	75,94	2,15	15,2
A ₂	25-35	5,78	6,00	6,4	51,61	1,83	4,0
A ₂ B	35-52	5,40	0,47	23,6	73,58	1,78	14,0
B	52-76	7,81	0,44	13,2	75,00	1,02	10,6
BC	76-150	8,33	0,44	14,8	97,11	0,05	9,2
Дерново-среднеподзолистая почва третьей надпойменной террасы на средне- четвертичных отложениях							
A ₁	3-18	5,50	5,86	23,4	79,97	1,56	8,7
B	18-25	4,35	3,13	15,1	82,83	0,40	5,6
B _{Fe}	25-38	4,40	1,58	12,3	88,62	0,09	7,2
BC	38-90	6,25	0,79	14,9	94,96	0,01	8,1
Дерновая почва центральной поймы							
A ₁	3-33	5,6	4,60	28,6	86,14	2,28	4,0
B	33-52	6,10	4,25	27,6	86,66	1,48	10,6
B _{Fe}	52-67	5,70	4,0	28,5	87,85	0,45	13,7
BC	67-130	5,25	3,90	29,8	88,43	0,03	15,2
Аллювиальная дерново-глеевая почва прируслового вала							
A ₁	1,5-30	4,65	3,41	14,9	81,38	2,05	3,5
B	30-67	5,7	1,53	12,5	92,05	0,70	12,1
BC	67-72	5,5	1,34	15,0	91,80	0,41	13,2
C _g	72-100	5,3	1,38	18,7	93,13	0,20	9,5

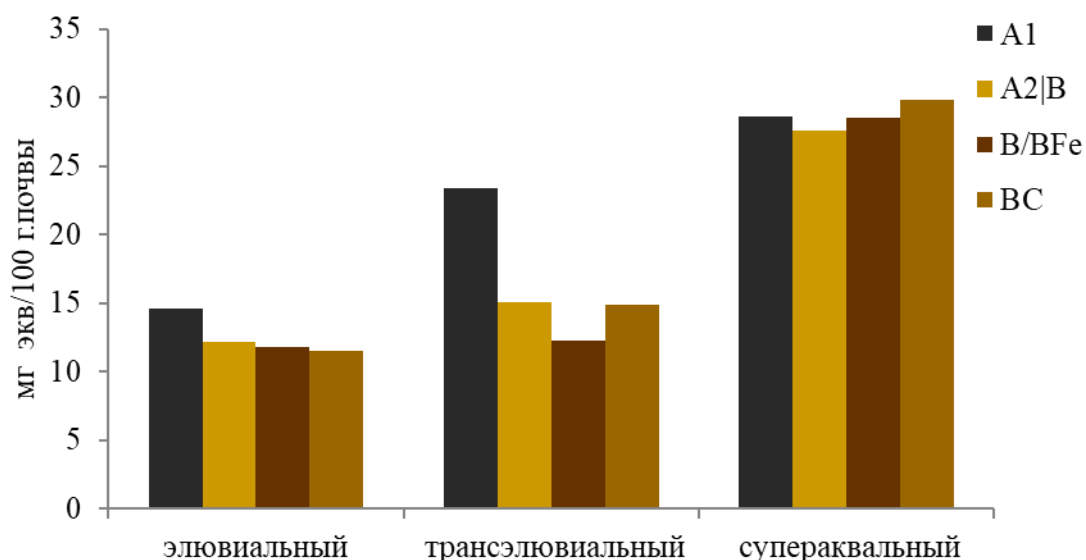


Рис. 2. Изменение содержания суммы поглощенных оснований исследованных ландшафтов.

Почвы надпойменных террас, образованные четвертичными отложениями, имеют максимальные значения суммы поглощенных оснований в верхних горизонтах - до 23,4 мг экв/100г. Характерно постепенное снижение суммы поглощенных оснований с глубиной почвенного профиля (от 23,4 до 14,9 мг экв/100г.). В нижних минеральных горизонтах (BC, C) значения суммы поглощенных оснований несколько возрастает, что можно объяснить следующим образом: в иллювиальном горизонте В (и переходном BC) привносятся основания, вымытые из элювиального А₂.

Для собственно почв поймы характерно относительно стабильное распределение значений суммы поглощенных оснований. Можно отметить аналогию с ландшафтами, лежащими гипсометрически выше, однако с минимальными колебаниями значений (с 28,6 до 27,6 мг экв/100г., а также с 14,9 до 12,5 мг экв/100г.) Отмечено увеличение показателей в минеральных почвенных горизонтах (BC, C), что связано с вымыванием оснований с верхних горизонтов почв и их аккумуляцией. При этом значения почв центральной поймы в полтора раза выше, нежели прирусловых. Что связано с различными почвообразующими породами (следовательно, различной насыщенностью породы основаниями), а также с особенностями химико-

минералогического состава высокодисперсной массы и особенностями органического вещества.

Таким образом, почвы поймы реки Суры отличаются относительно равномерным распределением суммы поглощенных оснований по профилю и аккумуляцией в нижележащих почвенных горизонтах. В дифференциации показателей суммы поглощенных оснований в автономных и транзитных ландшафтах можно выделить ряд общих черт. Наибольшее содержание оснований отмечается в верхних органогенных горизонтах (до 23,4 мг экв/100г.), так же небольшое увеличение наблюдается в минеральных горизонтах ВС, С.

Количество органического вещества в почвах исследованных элементарных ландшафтов Приволжской возвышенности закономерно убывало с глубиной (табл.3). Латеральная геохимическая структура ландшафта представлена асцендиальным видом. Радиальная структура – гумусовым, т.е.. максимальные концентрации гумуса характерны для верхних органогенных горизонтов. Как видно из представленных гистограмм, почвы пойм содержат в 5 раз больше гумуса, чем почвы элювиального ландшафта. Это связано с доминирующей растительностью, а также механическим составом почв.

Во всех гидроморфных почвах прослеживается сходный характер перераспределения органического вещества по минеральному профилю почв. Верхние горизонты накапливают значительное количество органики, поступающей с опадом. Постепенно с глубиной происходит уменьшение количества гумуса (до 0,03% в почвах центральной поймы).

По концентрации водородных ионов в почвенном растворе, почвы исследованных нами ландшафтов, варьируют от кислых до нейтральных. Значения рН изменяются в пределах от 3,8 до 7,81. В гидроморфных почвах надпойменных террас и центральной поймы наблюдается следующий характер распределения кислотности: в гумусовом горизонте – 5,5 – 5,6; в

иллювиальном В – 4,35 - 6,1; в ожелезнённом горизонте В_{Fe} – 4,4 - 5,7; в минеральном ВС – 5,25 – 6,25.

Активная кислотность возрастает с понижением горизонта почв (от 5,5 до 6,25). Наиболее кислые значения pH пойменных почв характерны для верхних почвенных горизонтов. Почвы автономных ландшафтов, образованные древнеаллювиальными песками и юрскими глинами, имеют также кислые значения pH. Слабощелочная реакция почвенного раствора зафиксирована в минеральных горизонтах дерново-подзолистых почв (7,81 – 8,33) ввиду влияния карбонатных материнских пород.

Супесчаные почвы, образованные древнеаллювиальными песками, отличаются более низкими значениями pH (3,8 – 4,15), что связано с их гранулометрическим составом. Наибольшие величины кислотности отмечаются в элювиальном горизонте А₂ (pH = 3,8 – 5,78). Кислая реакция почв обусловлена образованием в хвойных лесах агрессивных органических кислот и соединений, увеличивающих концентрацию в почвенных растворах свободных катионов водорода [5].

Гидролитическая кислотность имеет наибольшие значения в органогенных горизонтах всех изученных почв, снижаясь к почвообразующей породе (таблица 3). Значения гидролитической кислотности варьируют в пределах 0,79 – 5,86 мг экв/100г почвы. В гидроморфных почвах наблюдается стойкое, незначительное снижение показателя, с увеличением глубины горизонта.

В супесчаных дерново-подзолистых почвах автономного ландшафта зафиксировано максимальное значение гидролитической кислотности в органогенном горизонте А₁ (11,87 мг экв/100г почвы) [7]. В почвах, образованных глинистыми материнскими породами, выявлено резкое уменьшение кислотности в минеральных горизонтах (0,44 – 6,97 мг экв/100г почвы). Для автоморфных почв также характерно уменьшение гидролитической кислотности с увеличением глубины горизонта.

Общее содержание подвижных форм кальция варьирует в пределах от 15,2 до 3,0 мг экв/100 г. почвы. В супесчаных почвах автономных ландшафтов зарегистрировано увеличение количества подвижного кальция с глубиной горизонта (с 3,0 мг экв/100г. до 6,0 мг экв/100г.), это объясняется близким залеганием карбонатных пород. Наблюдалось уменьшение концентрации ионов кальция в элювиальном горизонте почв автономных ландшафтов, что связано с большим вымыванием подвижных элементов из горизонта A_2 (до 2,2 мг экв/100г.). Дерново-подзолистые почвы на тяжелосуглинистых материнских породах характеризуются максимальными значениями концентраций подвижного кальция в верхних почвенных горизонтах (15,2 мг экв/100г.). Это связано с большим количеством растительного опада, являющегося одним из главных источников поступления элемента в почву. Во всех почвах гидроморфных ландшафтов наблюдалось накопление подвижного кальция к нижним почвенным горизонтам (с 4,0 мг экв/100г. до 15,2 мг экв/100г.). Это связано как с вымыванием кальция из расположенных гипсометрически выше автономных ландшафтов, так и с аккумулятивной функцией аквальных и супераквальных ландшафтов.

Таким образом, главными источниками поступления кальция в почву являются растительный опад, а также коренные породы. В условиях хорошего промывного режима подвижные ионы кальция вымываются: в автономных ландшафтах в элювиальном горизонте почв, а в гидроморфных – в верхних почвенных горизонтах. Почвы пойм содержат кальция в 2-2,5 раза больше такового в почвах элювиальных ландшафтов

Проведены исследования содержания тяжелых металлов: меди, цинка, марганца; в пирофосфатной вытяжке по методу Баскомба. Пирофосфатная почвенная вытяжка позволяет экстрагировать элементы, непосредственно связанные с органическим веществом почвы (табл. 4). Гумусовые вещества активно влияют на миграцию многих химических элементов, в частности,

тяжелых металлов. Группы минералов смектитов, входящие в состав высокодисперсной фракции почвы, активно фиксируют ионы металлов и их органические соединения. Определено, что водонерастворимые гуминовые кислоты соединяясь с тяжелыми металлами, сорбируются высокодисперсными минеральными частицами. Последние, в свою очередь склеиваются в отдельные частички, образуя микроагрегаты [3].

Таблица 4

Содержание металлов в вытяжке по Баскомбу в почвах

Место отбора образца	Cu	Zn	Mn
	мг/кг		
Верховое болото, сфагнум, зола	10,71	4,65	8,96
Супесчаная дерново-подзолистая иллювиально-железистая на древнеаллювиальных песках, A ₁ A ₂	21,58	16,21	9,50
B _{Fe} C	20,93	11,96	20,87
D	23,36	10,27	0,49
Дерновая почва центральной поймы, A ₁	36,79	21,39	36,75
B	28,39	16,81	19,64
B _{Fe} C	28,08	30,59	37,99

В изученных почвах концентрация подвижных форм меди, связанного с органическим веществом колеблется от 10, 71 мг/кг верхового болота до 36,79 мг/кг почвы пойм. В область исследований входило верховое болото, расположенное на водоразделе Сура-Свияжского междуречья. Верховое болото было выбрано не случайно: Питание верховых болот обеспечивается в основном атмосферными осадками и пылью, отлагаемой на их поверхности. Таким образом, верховые болота можно считать независимыми геохимическими ландшафтами, показателями поступления микроэлементов из атмосферы.

В гидроморфных почвах обнаружено большее количество меди, связанной с органическим веществом, нежели почв автономных ландшафтов: 36, 79 мг/кг гумусово-аккумулятивного горизонта супераквального ландшафта; 21, 58 мг/кг верхнего горизонта автономного ландшафта. Установлено, что с увеличением глубины почвенного профиля концентрация меди, связанной с органическим веществом, уменьшается. Что связано с

уменьшением содержания гумуса почвенных горизонтов. Геохимическое сопряжение проявляется в увеличении концентрации меди, связанной с органическим веществом, с понижением рельефа местности. Это связано с переносом части связанной меди с ландшафтов, расположенных гипсометрически выше.

В изученных почвах содержание цинка колеблется от 4,65 мг/кг верхового болота до 30, 59 мг/кг материнской породы супераквального ландшафта. Наибольшими концентрациями цинка, связанного с органическим веществом обладают гидроморфные почвы. Радиальная структура распределения цинка по почвенному разрезу гидроморфных почв носит гумусово-иллювиальный характер. Это связано с тем, что цинк связывается с кислотами гумуса, а также увеличением pH почвенной среды с глубиной профиля. В исследованных почвах верхового болота цинка, связанного с органическим веществом, обнаружилось 4, 65 мг/кг. Из этого следует, что с атмосферными осадками и почвообразующими породами цинка в исследуемом геохимическом ландшафте поступает примерно 4-5 мг/кг.

Таким образом, установлено, что гидроморфные почвы накапливают большее количество цинка, связанного с органическим веществом. Кроме того, органогенные горизонты содержат значительное количество цинка, связанного с органическим веществом.

В исследованных почвах содержание марганца, связанного с органическим веществом, колеблется от 8, 96 мг/кг до 344,54 мг/кг. Минимальная концентрация характерна для сфагнома верхового болота. Высокими концентрациями марганца, связанного с органическим веществом, характеризуются гидроморфные почвы. Установлено повышенное накопление марганца, связанного с органическим веществом, в гидроморфных почвах: до 37, 99 мг/кг материнской породы почвах иллювиально-железистого горизонта (в отличие от автоморфных почв – до

20,87 мг/кг иллювиально-железистого горизонта почв). Во всех ожелезненных почвенных горизонтах зарегистрировано значительное накопление марганца, связанного с органическим веществом. Это отмечали и Кабата-Пендиас, Пендиас (1989) [6], устанавливая связь между накоплением марганца и содержанием железа в горизонтах почв. Так же во всех разрезах отмечено увеличение содержание марганца в верхних органогенных горизонтах (36, 75 мг/кг дерновой почвы центральной поймы), что говорит о связывании марганца с органическим веществом. В золе сфагнома верхового болота содержится 8,96 мг/кг марганца, связанного с органическим веществом. Это соответствует содержанию марганца в супесчаных почвах автономного ландшафта – 9,50 мг/кг.

Выводы

Исследованные образцы почв автономных ландшафтов богаты поглощенными основаниями, их содержание достигает 26,6 мг экв/100г. Максимальные концентрации гумуса характерны для верхних органогенных горизонтов. Почвы пойм содержат в 5 раз больше гумуса, чем почвы элювиального ландшафта. Значения pH изменяются в пределах от 3,8 до 7,81. Гидролитическая кислотность имеет наибольшие значения в органогенных горизонтах всех изученных почв, снижаясь к почвообразующей породе. Значения гидролитической кислотности варьируют в пределах 0,79 – 5,86 мг экв/100г почвы. Общее содержание подвижных форм кальция варьирует в пределах от 15,2 до 3,0 мг экв/100 г. почвы.

Активная реакция среды почвенного раствора нарушенных ландшафтов – слабокислая во всех пробах. Гидролитическая кислотность автономного и супераквального ландшафтов равны 3,41 мг экв/100г почвы, а максимальные значения гидролитической кислотности трансэлювиального равнялись 5,86 мг экв/100г почвы. Супераквальные почвы содержали максимальное количество гумуса в верхнем органогенном горизонте A1 и составили 2,6%. Почвы автономного и транзитного ландшафтов близки по

концентрации гумуса (от 2,12 до 0,02 %). Зарегистрированы высокие концентрации кальция в почвах автономного ландшафта (до 5 мг экв/100 г. почвы).

Марганец, цинк и медь, определенные в пирофосфатной вытяжке по Баскомбу, накапливаются асцендиально. Металлы, связанные с органическим веществом, являются легкодоступными для корневой системы растений. Таким образом, почвы супераквальных ландшафтов богаты марганцем, цинком и медью.

Список использованной литературы

1. Алешукин, Л. В. Физико-химические методы при ландшафтно-геохимических исследованиях. Учеб. пособие / Л.В. Алешукин. – М.: М-во просвещения РСФСР. Моск. гос. пед. ин-т им. В. И. Ленина. Кафедра геологии, 1971. – 47 с.
2. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Агрохимия и почвоведение" / Е. В. Аринушкина. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. - 487 с.
3. Добровольский В.В. Гуминовые кислоты и водная миграция тяжелых металлов / В.В. Добровольский // Почвоведение. – 2006. - №11. – С. 1315-1322.
4. Добровольский В. В. Практикум по географии почв с основами почвоведения: Учеб. пособие для студентов вузов / В. В. Добровольский. – М.: Владос, 2001. – 142 с.
5. Ермошкина Г.Ф. Особенности миграции железа и марганца в природных ландшафтах западной части Смоленско-Московской возвышенности / Г.Ф. Ермошкина, Ревина О.А. // Известия Смоленского государственного университета. - 2011. - № 2(14). - С. 99-106.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. - М.: Изд-во «Мир». 1989. — 439 с.
7. Кузнецова О.Г. Валовый анализ некоторых компонентов ландшафтов Сура-Свияжского междуречья Приволжской возвышенности // Денисовские чтения. Сборник материалов Международной конференции в рамках Года экологии Российской Федерации. Том Выпуск 8. Кафедра инженерных изысканий и геоэкологии (НИУ МГСУ). 2018. С.134-138.

СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ СЛУЧАЙНЫХ СОБЫТИЙ

Антонова Ильвира Илгизовна, ст. преп.

Садыкова Элина Айратовна, студент

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный
университет», г. Казань, e-mail: antonova.ilvira@yandex.ru*

Вдовина Ксения Евгеньевна, студент

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург*

Аннотация. В работе обосновывается ценность системного подхода к предотвращению рисков, возникающих из-за случайных факторов. Определяющим моментом служит то, что любая деятельность осуществляется в сложной социотехнической среде, что позволяет провести параллель между стратегиями управления рисками в подобных системах.

Ключевые слова: сложные системы, случайные события и процессы, риски, системная модель.

THE SYSTEM MODEL FOR REDUCING THE ENVIRONMENTAL RISKS OF ACCIDENTAL EVENTS

Antonova I. I.¹, Sadykova E.A.¹, Vdovina K.E.²

¹*Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan*

²*Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg*

Annotation: The paper substantiates the value of a systematic approach to preventing risks arising from accidental factors. The defining point is that any

activity is carried out in a complex sociotechnical environment, which allows us to draw a parallel between risk management strategies in such systems.

Keywords: *complex systems, random events and processes, risks, system model.*

Введение. Современная деятельность характеризуется высокой динамичностью и неопределенностью, что создает предпосылки для возникновения случайных событий и процессов, способных привести к значительным негативным последствиям. В условиях активного развития наукоемких технологий и цифровизации экономики проблема управления рисками приобретает особую актуальность. Традиционные подходы к оценке и минимизации угроз зачастую оказываются недостаточно эффективными ввиду сложности и непредсказуемости инновационных процессов. В связи с этим разработка системной модели снижения рисков, основанной на принципах ноксологии, представляется важной научной и практической задачей.

Ноксология как наука об опасностях и рисках предлагает методологическую базу для анализа и прогнозирования случайных событий, позволяя выявлять их причины, закономерности и возможные последствия. Применение ноксологического подхода к инновационной сфере открывает новые возможности для создания комплексной системы управления рисками, учитывающей как технические, так и социально-экономические факторы.

Риск в сложных технических системах принимает множество форм. Так, финансовый риск связан с изменчивостью доходов, получаемых по ценным бумагам и от управления финансовыми потоками. Инвестиционный риск связан с изменениями в оценке стоимости и будущих результатов деятельности отдельных фирм, секторов и экономики в целом. Проектный риск связан с вероятностью и последствием недостижения целей и параметров, таких как производственный график, уровень цен и качество исполнения работ. Угроза безопасности оценивается путем расчета рисков

потерь, связанных с внешним неблагоприятным воздействием. Профессиональный риск связан с возможностями нанесения вреда здоровью и угрозами безопасности на рабочем месте. Таким образом, в большинстве случаев, вопросы безопасности не могут рассматриваться отдельно в отрыве от других проблем, таких как финансовое обеспечение и другие.

Как пример сбоев комплексной системы можно рассматривать случай аварии на Саяно-Шушенской ГРЭС, в котором видно наложение нескольких проблем: конфликт интересов, проблемы с программным управлением и политические проблемы [1].

Риск традиционно определен как комбинация вероятности (или вероятность) и последствия наступления потери. Объединение этих компонентов приводит к определению математическому ожиданию риска (МОР).

$$E(\text{Потеря}) = \text{Вероятность}(\text{Потеря}) \times \text{Последствие}(\text{Потеря})$$

Математическое ожидание как инструмент оценки риска: ограничения и практическая применимость.

Формализованный подход к оценке степени риска через математическое ожидание (МО) обладает существенными ограничениями в практических приложениях. Данный показатель сохраняет аналитическую ценность лишь в условиях выполнения двух ключевых предпосылок:

- 1) наличия достоверных данных о вероятности неблагоприятного события;
- 2) возможности точной количественной оценки его последствий.

Цель количественной оценки степени риска (КОСР) действительно важна для эффективного риск-менеджмента, особенно в сложных социотехнических системах, где необходимо учитывать множество факторов.

Преимущества КОСР:

1. Объективность – Позволяет перевести качественные оценки (например, "высокий риск") в числовые показатели, что облегчает сравнение и приоритезацию рисков.

2. Расчеты и моделирование – Дает возможность использовать математические и статистические методы (например, вероятностный анализ, метод Монте-Карло) для прогнозирования и управления рисками.

3. Экономическое обоснование – Помогает оценить потенциальные убытки и определить оптимальные затраты на mitigation (снижение риска).

4. Адаптивность – Подходит для динамичных систем, где риски меняются со временем (кибербезопасность, финансы, промышленность)

Для критических в плане безопасности систем результат часто зависит от условий окружающей среды. Например, в случае Бхопала, где ядовитые химикаты были выпущены в атмосферу, потери были усилены из-за сильных ветров, которые несли химическое облако к населенным районам.

Классические методы оценки риска традиционно исходят из предположения о полной рациональности субъектов, принимающих решения. Однако Герберт Саймон предложил концепцию, альтернативную парадигме «абсолютной рациональности» [2]. Согласно его теории, принятие решений характеризуется ограниченной рациональностью, что согласуется с современными экономико-психологическими исследованиями. В частности, эта идея коррелирует с такими концептами, как «контекстуальная рациональность» и «естественное принятие решений», которые используются при анализе поведенческих факторов в инновационных системах [3].

Методологическая основа данного исследования базируется на концепции ограниченной (контекстуально обусловленной) рациональности. Такой выбор обусловлен тем, что стохастические процессы в сложных социотехнических системах, включая поведенческие паттерны,

детерминирующие их возникновение, требуют обязательного учета ситуационного контекста для их адекватной интерпретации и анализа.

Факторы опасности и временная продолжительность вредных воздействий являются ключевыми компонентами риска, формирующимися при совпадении условий, детерминирующих наступление неблагоприятного случайного события. Существует прямая зависимость между длительностью существования опасного состояния и вероятностью реализации указанных условий. Примечательно, что даже при низкой исходной вероятности отдельных риск-образующих факторов, их продолжительное существование может привести к экспоненциальному росту вероятности наступления нежелательного события.

Это описание соотносится с понятием «социотехнических систем, мигрирующих к состояниям высокого риска». Если вся социотехническая система мигрировала к состоянию высокого риска, как в случае с химическим заводом в Бхопале, т.е., чем дольше система работает в этом опасном режиме, тем выше вероятность возникновения условий, в которых происходит неблагоприятное случайное событие (авария, несчастный случай). Системы могут работать в режиме опасного состояния длительное время без потерь, но непрерывное функционирование в этом режиме, в конечном счете, приведет к потере.

Феномен восприятия риска принципиально связан с когнитивной неопределенностью относительно возможных исходов. Случайные события, по своей природе, исключают возможность точного определения ни величины риска, ни конкретных последствий. Гипотетически, при наличии возможности абсолютно точного прогнозирования динамики системы, сама концепция риска утратила бы смысл, поскольку неопределенность - фундаментальное свойство риска как категории.

Источников неуверенности в сложных системах достаточно много. Каждая дисциплинарная область использует свое собственное определение

неуверенности, но для изучения данного феномена в сложных технических системах, по мнению Гастингса, достаточно выделить четыре различных аспекта неуверенности [4]:

Двусмысленность. Связана с неточностями сообщений, связанной с терминами и выражениями, используемыми для общения специалистов.

Случайность. Неотъемлемо связана с физическими параметрами системы.

Эпистемический аспект. Связан с нехваткой информации о некоторых особенностях системы.

Взаимодействие. Неуверенность взаимодействия возникает в наложениях функций различных компонентов системы или дисциплин, когда хорошо понято поведение отдельных компонентов или дисциплин, но пока еще не ясны особенности взаимодействия между ними.

Методология вероятностной оценки степени риска (ВОСР) основывается на следующих ключевых принципах:

1. Принцип декомпозиции системы.

Метод предполагает последовательную декомпозицию системы на подсистемы и компоненты до достижения такого уровня детализации, при котором становится возможным количественный анализ надежности отдельных элементов.

2. Методология интеграции данных.

Полученные показатели надежности интегрируются в системные модели (например, деревья ошибок или деревья событий), что позволяет:

- оценить совокупную вероятность случайных событий для всей системы

- выявить критические точки отказа.

3. Ключевые преимущества метода.

- Отсутствие необходимости в экспертизе работы системы как целого.
- Возможность применения к новейшим техническим системам.

4. Фундаментальное допущение.

Метод исходит из предположения, что наличие достоверных данных о надежности отдельных компонентов позволяет точно определить надежность всей системы.

Преимущества ВОСР бесспорны, но есть также много трудностей, связанных с законностью и точностью получающихся оценок вероятности. Неуверенность в значениях надежности на уровне подсистем и компонентов является важным ограничением.

Даже малые ошибки в оценке составляющих вероятностей отказа могут оказать большое влияние, когда на оценку надежности на уровне системы [5]. В случаях если достаточные исторические данные доступны для определенного компонента в определенной системе, нет никакой уверенности в том, что значения надежности сохранятся к новой системе, где компонент используется по-другому. Точно так же небольшие изменения компонента или его внешних условий могут привести к непропорциональному изменению в значениях надежности.

Существенные ограничения ВОСР в применении к сложным системам:

1. Фундаментальные ограничения метода:

Указанная невозможность получения точных показателей надежности представляет собой существенное методологическое ограничение ВОСР при анализе:

- систем, созданных на основе новейших технологий;
- систем с комплексными программными компонентами;

2. Проблема оценки надежности ПО:

Программное обеспечение является характерным примером, демонстрирующим ограниченность формальных метрик надежности. Это обусловлено двумя ключевыми факторами:

- детерминированной природой ПО (в большинстве случаев);
- отсутствием устойчивости вероятностных оценок к модификациям;

3. Эмпирическое подтверждение:

Яркой иллюстрацией данной проблемы стал инцидент с ракетой-носителем Ariane 5 (1996 г.):

- повторное использование проверенных программных модулей от Ariane 4;
- отсутствие критически важных модификаций;
- значительная стоимость необходимых изменений;
- катастрофические последствия при переносе решения в новую систему.

Чтобы получить совокупную оценку вероятности, необходимо детальное проектирование процессов. Но, эти проектные расчеты могут быть сделаны только в процессе работы системы, когда менять что-либо с целью оказать значительное влияние на безопасность системы, слишком поздно.

Возникновение новых типов рисков в сложных социотехнических системах:

Современные социотехнические системы демонстрируют возрастающую сложность, что приводит к появлению принципиально новых видов случайных событий. Эти события обусловлены дисфункциональными взаимодействиями между компонентами системы, а не единичными или множественными отказами отдельных элементов [6]. Неблагоприятные случайные события происходят из-за из незапланированных или неожиданных взаимодействий между различными компонентами системы, а не из-за конкретного единичного (или многократного) отказа. Например, потеря спускаемого аппарата на Марсе (Mars Polar Lander4) произошла, потому что проектировщики не принимали во внимание особое взаимодействие между диспетчером программного обеспечения аппарата и механическим разворачиванием опорной ноги.

Системная природа катастроф: за пределами концепции "человеческой ошибки".

1. Критика упрощенного подхода.

Эмпирические данные свидетельствуют, что крупные технологические аварии практически никогда не бывают обусловлены исключительно человеческим фактором. Это объясняется тем, что:

- Любые действия операторов осуществляются в конкретном:
 - а) физическом контексте (технические системы, окружающая среда);
 - б) социальном контексте (организационные структуры, нормативные требования);

2. Системный анализ отклонений.

Исследования показывают, что в преддверии катастрофы всегда можно выявить:

- множественные отклонения от предписанных процедур;
- накопление латентных факторов риска;
- нарушения в системе защитных барьеров;

3. Потенциал предотвращения.

Для большинства сложных аварийных ситуаций ретроспективный анализ позволяет:

- реконструировать оптимальную последовательность решений;
- выявить ключевые точки вмешательства;
- разработать альтернативные сценарии развития событий.

Очевидно, что большинство решений находятся под влиянием локальных критериев суждения (они «в локальном масштабе» рациональны), и краткосрочные контекстные стимулы определяют поведенческие формы. При этом, каждое отдельное решение может казаться безопасным и рациональным в пределах контекста окружающей среды отдельного рабочего места и местных условий, но, когда оно попадает в контекст всей системной операции, эти решения и действия могут взаимодействовать неожиданными способами и привести к аварии, несчастному случаю. Случайные события в сложных социо-технических системах часто вызваны не неизвестными

переменными или типом сбоя оборудования, а некорректным принятием решения, которое может быть результатом чрезмерного административного давления или слабой культуры безопасности [7].

Вывод. Таким образом, чтобы реализовать эффективное управление рисками в сложных системах, необходимо использовать более надежный и информативный подход, который охватывает технические аспекты системы, таким же образом, как организаторские, организационные, социальные и политические аспекты системы и ее среды.

Список используемой литературы

1. Итоговый доклад парламентской комиссии по расследованию обстоятельств, связанных с возникновением чрезвычайной ситуации техногенного характера на Саяно-Шушенской ГЭС 17 августа 2009 года. URL: <http://www.plotina.net/documents/sshges-doklad/> (Дата обращения: 28.05.25).
2. Саймон Г.А. Рациональность как процесс и продукт мышления / Лекция в память Ричарда Т.Эли, прочитанная на ежегодной конференции Американской экономической ассоциации в 1977 г. // THESIS, 1993, вып.3., С 16-38.
3. Пястолов С.М., Пястолова П.С. Развитие моделей менеджмента знаний // Институты и организации «экономики знаний»: Сб. науч. тр. / РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. по науке, образованию и технологиям; Отв. ред. Пястолов С.М. – М., 2013, С. 120-138.
4. Hastings D., McManus H. A Framework for Understanding Uncertainty and its Mitigation and Exploitation in Complex Systems/ Engineering Systems Symposium, Cambridge, MA. 2005.
5. Markowitz, H.M. Risk-Return Analysis: The Theory and Practice of Rational Investing. McGraw-Hill. (Количественные методы оценки рисков в новых технологиях), 2014.
6. Vaughan D. The Challenger Launch Decision: Risky Technology, Culture, and Deviance at NASA. Chicago University Press, 1996.
7. Markowitz, H.M. Risk-Return Analysis: The Theory and Practice of Rational Investing. McGraw-Hill, 2014.

*Раздел 5. ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО СЕЛИТЕБНЫХ
ТЕРРИТОРИЙ*

УДК: 581.526.4:574.5(470.31)

**ОЦЕНКА ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ
РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГИДРОЭКОСИСТЕМ НАЦИОНАЛЬНОГО
ПАРКА «ВАЛДАЙСКИЙ»**

Толстова Вера Витальевна, студент

*Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной
медицины, г. Санкт-Петербург, email: deathbedv@mail.ru*

Аннотация. *Проведен анализ флоры озёр Велье, Пестовское и
рыборазводных прудов Национального парка «Валдайский», находящихся под
антропогенной нагрузкой. Выявлен 21 вид макрофитов из 11 семейств и 2
отделов, с преобладанием плюрирегиональных видов. Поровну доминируют
гидрофиты и гелофиты. Разнообразие настоящих водных растений ниже,
чем прибрежно-водных. У озёр высокое флористическое сходство, в
отличие от прудов.*

Ключевые слова: *макрофиты, пресные водоемы, видовое
разнообразие, экотипы, экогруппы.*

**ASSESSMENT OF THE SPECIES DIVERSITY OF THE HIGHEST
AQUATIC VEGETATION OF HYDROECOSYSTEMS OF THE VALDAI
NATIONAL PARK**

Tolstova V.V.

*Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg,
email: deathbedv@mail.ru*

Annotation. *An analysis of the flora of Lakes Velje, Pestovskoye and the fish ponds of the Valdaisky National Park, subjected to anthropogenic pressure, was carried out. A total of 21 macrophyte species belonging to 11 families and 2 divisions were identified, with a predominance of pluriregional species. Hydrophytes and helophytes were equally dominant. The diversity of real aquatic plants is somewhat lower than that of coastal aquatic plants. The lakes have a high floristic similarity, unlike the ponds.*

Keywords: *macrophytes, freshwater reservoirs, species diversity, ecotypes, ecogroups.*

1. Введение

В современном мире, одной из наиболее актуальных проблем в области экологии водных объектов является антропогенная эвтрофикация. Она обусловлена разнообразной хозяйственной деятельностью человека и приводит к повышению продуктивности гидроэкосистем. В ходе этого процесса олиготрофный трофический статус водных экосистем, характеризующийся низким содержанием биогенных веществ в воде и высоким биологическим разнообразием, сменяется сначала на промежуточный мезотрофный, а затем и на эвтрофный, что негативно сказывается на качестве пресной воды и снижает её доступность [3]. Антропогенная эвтрофикация уже охватила крупнейшие пресноводные озера Европы, США, Канады и Японии [8].

Водоемы и водотоки Валдайской возвышенности играют важную роль в обеспечении качественными питьевыми ресурсами населения Северо-Запада России, включая столицу. Однако особенности гидрологического режима и геологического строения Валдайской возвышенности делают водные объекты, расположенные в ее пределах, особенно уязвимыми к антропогенному влиянию. [6]. Для сохранения и изучения водных ресурсов региона был создан национальный парк «Валдайский».

Видовое богатство высшей водной растительности является ключевым показателем экологических изменений, происходящих в водных экосистемах. [11]. Именно поэтому оценка этого параметра представляет собой важный шаг в решении проблемы смены трофического статуса водоемов и водотоков.

Цель работы заключается в оценке видового разнообразия озер, расположенных в буферной зоне национального парка «Валдайский».

2. Материалы и методы

Отбор образцов макрофитов проводился в период максимального развития высшей водной растительности, в июле 2024 года, на озерах Велье (5 станций) и Пестовское (3 станции), а также на рыбопродуктивных прудах Вороновской (2 станции) и Центральной систем (2 станции). При описании растительности использовались методические разработки А.П. Белавской [1]. Определение состава экологических групп производилось в соответствии с классификацией В.Г. Папченко [4,5]. Идентификация макрофитов проводилась до вида. Для каждой станции был составлен итоговый флористический список. Определение растений осуществлялось по определителю Н.Н. Цвелева, номенклатура и объем таксонов были приняты в соответствии со сводкой С.К. Черепанова [9,10].

В данном исследовании рассматривалась только водная флора, включающая растения, для которых оптимальные условия жизни связаны с обводненными местами. Необходимость проведения сравнительного анализа растительных группировок для более детального понимания различий в видовом составе между фитоценозами, принадлежащими к различным ассоциациям, привела к попыткам количественно оценить степень сходства этих сообществ [2].

Предложенные различными авторами показатели также могут быть использованы для оценки уровня загрязнения окружающей среды, так как сами загрязнения влияют на состав биоценоза. Для выполнения расчетов

применяются коэффициенты таксономического сходства, среди которых наиболее известными являются коэффициенты Жаккара, Сёренсена и Брея-Кертиса.

Гидробиологи чаще всего используют коэффициент общности видового состава Сёренсена, который отражает основные принципы теории множеств. Формула Жаккара, выведенная эмпирически, по сравнению с формулой Сёренсена, может давать результаты, заниженные на 15-20% [7].

3. Результаты и обсуждение

В ходе исследований было выявлено, что водная флора изучаемых водоемов и водотока представлена 21 видом, принадлежащими к 11 семействам и 2 отделам (таблица 1).

Таблица 1

Флористический список, изучаемых гидроэкосистем

№	Вид (рус.)	Вид (лат.)	Отдел	Семейство	Экотип / Экогруппа
1	Ситняг болотный	<i>Eleocharis palustris</i>	<i>Equisetophyta</i>	<i>Cyperaceae</i>	II / 6
2	Хвощ прибрежный	<i>Equisetum fluviatile</i>	<i>Equisetophyta</i>	<i>Equisetaceae</i>	II / 6
3	Тростник обыкновенный	<i>Phragmites australis</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Poaceae</i>	II / 7
4	Камыш лесной	<i>Scirpus sylvaticus</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Cyperaceae</i>	II / 7
5	Осока острая	<i>Carex acuta</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Cyperaceae</i>	II / 6
6	Манник большой	<i>Glyceria maxima</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Poaceae</i>	II / 7
7	Осока носиковая	<i>Carex rostrata</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Cyperaceae</i>	II / 6
8	Элодея канадская	<i>Elodea canadensis</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Hydrocharitaceae</i>	I / 2
9	Стрелолист обыкновенный	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Sagittariaceae</i>	III
10	Кубышка жёлтая	<i>Nuphar lutea</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Nymphaeaceae</i>	I / 4
11	Горец земноводный	<i>Persicaria amphibia</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Polygonaceae</i>	III
12	Канареечник тростниковидный	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Poaceae</i>	II / 7
13	Омежник шафранный	<i>Oenanthe crocata</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Apiaceae</i>	III
14	Рдест плавающий	<i>Potamogeton natans</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Potamogetonaceae</i>	I / 4

15	Рдест гребенчатый	<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Potamogetonaceae</i>	I / 3
16	Кувшинка белая	<i>Nymphaea alba</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Nymphaeaceae</i>	I / 4
17	Рдест пронзеннолистный	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Potamogetonaceae</i>	I / 3
18	Ряска трехдольная	<i>Lemna trisulca</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Araceae</i>	I / 2
19	Частуха подорожниковая	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Alismataceae</i>	IV
20	Лютик ядовитый	<i>Ranunculus sceleratus</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Ranunculaceae</i>	IV
21	Ряска малая	<i>Lemna minor</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Araceae</i>	I / 5

Было установлено, что подавляющее большинство систематических единиц представлены покрытосеянными растениями, а доля хвощевидных незначительна, составляя всего 4,8%. Среди семейств, представленных в изученных гидроэкосистемах, наибольшее число видов наблюдалось в семействах Сурегасеае (4 вида, 19%), Роасеае и Potamogetonaceae (по 3 вида). Примечательно, что значительная роль принадлежит малым семействам: 8 семейств представлены 1-2 видами. Эти семейства объединяют более половины (57,2%) видового состава водной флоры изучаемых гидроэкосистем. Такое большое число семейств, представленных небольшим количеством видов, является характерным признаком умеренно-бореальных региональных флор.

Результаты хорологического анализа показали, что виды флоры озер Велье и Пестовское представлены четырьмя географическими элементами, при этом их распределение по географическим группам неравномерное. Наиболее многочисленной в видовом отношении оказалась группа видов-космополитов с плюрирегиональным ареалом, составляющая 38,1% (8 видов). Второе место по численности занимают широкоареальные голоарктические виды и виды с евроазиатским распространением, каждая из этих групп насчитывает по 5 видов, что составляет 23,8%. Группа видов с евросибирским ареалом была представлена в меньшей степени, составляя

14,3% (3 вида). Кроме того, был отмечен один адвентивный вид, *Elodea canadensis*, с североамериканским ареалом.

В целом можно отметить, что водная флора озер Велье и Пестовское имеет интразональный характер и отличается низкой специфичностью.

Экологическая структура флоры исследуемых водоемов типична для Северо-Запада России. Она представлена 4 экотипами, относящимися к 6 экологическим группам водных растений (таблица 2).

Таблица 2

Распределение видов макрофитов по экотипам и экогруппам [4]

Экотипы и экогруппы водных растений	Количество видов	% от общего количества видов
Экотип I. Гидрофиты или настоящие водные растения	8	38
Экогруппа 2. Гидрофиты, свободно плавающие в толще воды	2	10
Экогруппа 3. Погруженные укореняющиеся гидрофиты	2	10
Экогруппа 4. Укореняющиеся гидрофиты с плавающими на воде листьями	3	14
Экогруппа 5. Гидрофиты, свободно плавающие на поверхности воды	1	5
Экотип II. Гелофиты или воздушно-водные растения	8	38
Экогруппа 6. Низкотравные гелофиты	4	19
Экогруппа 7. Высокотравные гелофиты	4	19
Экотип III. Гигрогелофиты	3	14
Экотип IV. Гигрофиты.	2	10
Итого	21	100

В флоре исследуемых озер и прудов преобладают два экотипа: гидрофиты, или настоящие водные растения, и, гелофиты, или воздушно-водные растения. Они поровну в процентном соотношении относятся к общему числу видов (по 38%). Наиболее многочисленными оказались представители 6 и 7 экогрупп – низкотравные и высокотравные гелофиты (по 19%). Вероятнее всего, преобладание растений данных групп связано с тем,

что они хорошо усваивают питательные вещества из воды и почвы, что позволяет им активно разрастаться в условиях богатых органикой водоемов (например, эвтрофных водоемов). В меньшей степени во флоре исследуемых водоемов представлен тип гигрофитов – 10% от общего числа видов. Несмотря на это, некоторые виды гигрофитов являются инвазивными (например, рогоз узколистый или камыш). Они могут довольно быстро распространяться, вытесняя местные виды растений.

В целом, разнообразие настоящих водных растений (экотип I) ниже (38%), чем у прибрежно-водных (экотип II и III) – 52%, что является характерным признаком для озер, особенно эвтрофных.

По результатам расчета флористического сходства составлена таблица 3. Коэффициент общности видового состава Сёренсена между большинством водоемов имеет низкое значение. Однако между озерами Велье и Пестовское показатель флористического составляет 63,6%, что является показателем высокой общности видового состава этих гидросистем. Это может указывать на схожие экологические условия и одинаковое воздействие факторов среды. На обоих озерах пробы отбирались на участках с антропогенным загрязнением в зонах рекреационной нагрузки и стока с территорий частных владений или с сельскохозяйственным использованием для выпаса скота. Пруды в основном подвергаются только влиянию рыбозаводной деятельности. Исходя из этого можно сделать вывод, что различная антропогенная нагрузка имеет различную степень влияния на макрофитный состав водоемов. Между самими прудами низкий коэффициент таксономического состава может быть из-за их географического расстояния и независимости друг от друга.

Матрица таксономического сходства 6 гидрозкоистем

	Велье	Пестовское	Пруды ВС	Пруды ЦС
Велье	100 %	63,6 %	45,4 %	31,8 %
Пестовское	63,6 %	100 %	22,2 %	26,6 %
Пруды ВС	45,4 %	22,2 %	100 %	26,6 %
Пруды ЦС	31,8 %	26,6 %	26 %	100 %

4. Заключение

В результате изучения озер Велье и Пестовское в 2024 году было выявлен 21 вид, относящийся к 11 семействам и 2 отделам. Наибольшее количество обнаруженных водных видов было отнесено к семейству Potamogetonaceae, а прибрежно-водных – к семействам Cyperaceae и Poaceae. Флора озер характерна для региона и носит интразональный характер. Виды представлены четырьмя географическими элементами, при этом виды с плюрирегиональным ареалом преобладают. Среди флоры водных растений озер Велье и Пестовское поровну доминируют растения I экотипа – гидрофиты и II экотипа – гелофиты. В меньшей степени во флоре исследуемых водоемов представлен тип гигрофитов. В целом, разнообразие настоящих водных растений несколько ниже, чем у прибрежно-водных, что может быть характерным признаком для озер, особенно эвтрофных. Флористическое сходство озер высокое (63,6%), в отличие от рыбопродуктивных прудов. Это может свидетельствовать о сходных экологических условиях и одинаковом характере воздействия среды. Различия в составе макрофитов, вероятно, связаны с разной антропогенной нагрузкой. Низкое таксономическое сходство между прудами может объясняться их удалённостью и изолированностью.

Список использованной литературы

1. Белавская А.П. Высшая водная растительность / А.П. Белавская // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов – М.: Наука, 1975. – С. 117–132.

2. Городничев Р.М. Методы экологических исследований. Основы статистической обработки данных: учебно-методическое пособие – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2019. — 18 с.
3. Остроумов С.А. Синэкологические основы решения проблемы эвтрофирования // Доклады академии наук (ДАН). 2001. том 381. № 5. – С. 709-712.
4. Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. – Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. – 200 с.
5. Папченков В.Г. Различные подходы к классификации растений водоемов и водотоков // Мат-лы VI Всерос. школы-конф. по водным макрофитам «Гидрботаника 2005». Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2006. С. 16–24.
6. Пегов С.А., Николаев В.И., Кузнецов М. П. План действий по достижению устойчивого развития территории национального парка «Валдайский» / Пегов С.А. – М.: КРАСАНД, 2009. – 80 с.
7. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности (учебное пособие для студентов вузов). — М.: Изд-во НИИ-Природа, РЭФИИ, 2004. — 54 с.
8. Фрумин Г.Т., Терещенко О.В. Трофический статус озера Ильмень (по данным 2003-2020 годов) // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. №6. С. 50-57.
9. Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России / Н.Н. Цвелев – СПб.: Наука, 2000. – 722 с.
10. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черпанов – СПб.: Наука, 1995. – 992 с.
11. Ricklefs, R., Schluter, D., 1993. Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives. University of Chicago press, Chicago, USA, 414 p.

УДК 622.411.512

ИССЛЕДОВАНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Каурова Злата Геннадьевна, канд. экол. наук, доцент,

Баталина Светлана Михайловна, студент

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, e-mail: bzlata@mail.ru

Аннотация. Изучался гранулометрический состав твердой фазы снегового покрова, как индикатор загрязнения воздуха. Образцы снега отбирались в г. Санкт-Петербург на трех площадках с различной интенсивностью антропогенного воздействия.

Ключевые слова: снег, загрязнение, пыль, Санкт-Петербург, антропогенная нагрузка

RESEARCH OF SNOW IN SAINT-PETERSBURG

Kaurova Z. G., Batalina S. M.

Saint-Petersburg state university of veterinary medicine, Saint-Petersburg

Annotation: This study reviews grain size of solid snow as the indicator of air pollution. Snow test samples has been collected on three test areas, each of which had different amount of anthropogenic impact.

Keyword: snow, pollution, dust, Saint-Petersburg, anthropogenic impact.

Введение

В мегаполисах значительные по площади городские территории заняты промышленными зонами, крупными транспортными узлами и развязками. В то же время в городах, согласно действующим нормативам, расположено значительное количество охраняемых природных зон рекреационного назначения. Рекреационные зоны города могут выполнять свои основные функции только при условии незагрязненного атмосферного воздуха. Многие парки и зелёные зоны городов как крупные, так и придомовые расположены в районах активного транспортного движения, где воздух загрязнён выбросами автотранспорта, а часто и промышленными выбросами.

Загрязнение воздуха наносит ущерб строительным конструкциям и малым архитектурным формам способствует загрязнению и разрушению фасадов. Косвенным показателем состояния загрязнения атмосферы служат данные о составе проб атмосферных осадков и снежного покрова, в

частности, о их загрязнении взвешенными частицами. Эти данные характеризуют контаминацию приземного слоя атмосферы, до высоты на которой образуются облака и происходит газообмен. Информация о содержании веществ в снежном покрове является фактически единственным источником для оценки регионального загрязнения атмосферы в зимний период. Изучение твердофазной составляющей снежного покрова позволяет оценить ареал распространения загрязняющих веществ от промышленных объектов [2].

Согласно СанПиН 2.1.3684-21: «Собранный хозяйствующими субъектами, осуществляющими вывоз снега, снег должен складироваться на площадках с водонепроницаемым покрытием и обвалованных сплошным земляным валом или вывозиться на снегоплавильные установки. Не допускается размещение собранного снега и льда на детских игровых и спортивных площадках, в зонах рекреационного назначения, на поверхности ледяного покрова водоёмов и водосборных территориях, а также в радиусе 50 метров от источников нецентрализованного водоснабжения». К сожалению, даже в таких крупных городах, как Санкт-Петербург, эти требования не всегда выполняются. На отдельных закрытых территориях и во дворах снежные сугробы часто сохраняются до весеннего таяния, депонируя загрязняющие вещества, часто в значительных количествах, и способствуя их поступлению с талыми водами в почву и воду водоёмов загрязняя их. Скопление загрязненного снега на улицах и полигонах также приводит к вторичному загрязнению атмосферы. При таянии снега поллютанты поступают в ткани растений, угнетая их рост, ухудшая внешний вид и, в конечном, счёте приводя к гибели. Последствия накопления талого снега в жилых и рекреационных зонах препятствует их надлежащему озеленению в рамках проектов ландшафтного дизайна и благоустройства. Кроме того, в зимний период наличие талого и загрязненного снега,

складируемого на улицах, способствует эстетическому загрязнению урбанизированных ландшафтов в целом [3].

На территориях северных регионов России снеговой покров не сходит на протяжении большей части года, накапливая наибольшее число годовых загрязнений. С повышением антропогенной нагрузки на городские территории, например, увеличением потока автотранспорта, прямо пропорционально увеличивается и загрязнённость снежного покрова. Снег в силу высокой сорбционной способности накапливает в своём составе широкий спектр загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу, при этом снеговой покров является эффективной депонирующей средой для загрязнителей, распространяющихся воздушным путём.

Концентрация поллютантов в снеге выше, чем в атмосферном воздухе, из-за процессов сухого и влажного выпадения примесей. Поэтому измерения содержания загрязняющих веществ в снеге можно проводить более простыми методами, чем в атмосфере, с высокой степенью надёжности. Изучая пробы снега, взятые в районах с различной антропогенной нагрузкой, можно составить представление о степени загрязнения атмосферы, а также выявить его причину и источники.

Основным параметром, определяющим качество атмосферного воздуха, является концентрация пылеаэрозольных выпадений различных размеров. Аэрозоли воздуха - сложная дисперсная система, включающая в себя частицы как техногенного, так и природного происхождения, размером 10 мкм и меньше.

Принято учитывать две фракции взвешенных частиц, содержащиеся в воздухе - относительно крупные частицы размером около 10 мкм (крупная пыль, споры плесени, пыльца) и мелкие, тонкодисперсные частицы размером 2,5 мкм и менее (минеральные частицы, бактерии, часть микроскопических грибов). Такая пыль может быть опасна, для детей и людей со слабым здоровьем, склонных к аллергическим реакциям, имеющих заболевания

легких и верхних дыхательных путей. Основным источником поступления взвешенных частиц в атмосферу на придомовых и рекреационных территориях селитебных зон крупных городов являются транспортные магистрали и внутриквартальные проезды, связанный с улично-дорожной сетью и предназначенный для обслуживания жилой застройки [1].

Целью данного исследования являлась количественная оценка и изучение морфологического состава твердой фазы снегового покрова на трех площадках города Санкт-Петербург с различной автотранспортной нагрузкой.

Отбор снега выполнялся в январе 2025 г. методом шурфа на трех площадках во Фрунзенском и Московском районах города Санкт-Петербурга: в сквере на улице Малая Карпатская, на детской дворовой площадке на улице Ленсовета и на улице Фучика в районе проезжей части. Площадки выбирались исходя из данных по автотранспортной нагрузке. Антропогенная (автотранспортная) нагрузка рассчитывалась согласно ГОСТР 561622019.

Определялись концентрация и морфологический состав взвешенных частиц в снеготалой воде. Все исследования производились в соответствии с ГОСТ Р 56929-2016 и ГОСТ Р 70282-2022.

Для определения морфологического состава частиц в снеге фильтровали талую воду последовательно через фильтры «Белая лента» и «Синяя лента», затем фильтры полностью просматривали при помощи светового микроскопа с увеличением 20-40 раз. Определяли размер и форму частиц.

В результате морфологического анализа было выяснено, что взвешенной осадок на фильтрах преимущественно состоит из крупных круглых частиц размером от 80 до 200 мкм, из мелких частиц круглой, вытянутой и неправильной формы размером от 10 до 50 мкм и микроскопических частиц 2-2.5 мкм преимущественно круглой и неправильной формы. По цвету выделяли черные, коричневые, зеленые, красные, желтые, серые, белые

частицы. Большая часть белых и ярко окрашенных фрагментов (красных, синих, желтых), очевидно, имели антропогенное происхождение. Среди них выделялись мельчайшие чешуйки эмали и фрагменты ламинированного картона. Кроме того, на фильтрах были отмечены фрагменты пластиковой пленки неправильной формы мелких и средних размеров и цветные пластиковые нити размером 50 мкм и менее.

Высота снежного покрова за период исследований колебалась в пределах от 21 до 48 см. плотность снега изменялась в течение суточного цикла от 0,22 до 0,34 г/см³. Отмечена зависимость количества взвешенных частиц в снеготалой воде от величины антропогенной нагрузки в точках отбора проб.

Согласно полученным данным, выбросы углекислого газа в год составили 0.0217 тонны/м на улице Фучика, 0.0101 тонны/м - на улице Ленсовета и 0.0176 тонны/м - на Малой Карпатской. Таким образом наименьшая автотранспортная нагрузка была отмечена на закрытой внутриквартальной территории с невысокой интенсивностью движения.

Повышенная концентрация углекислого газа в атмосфере усиливает парниковый эффект, из-за чего снег тает. Повышенное количество углекислого газа в атмосфере может привести к изменению климата, что влияет на состоянии снежного покрова, затем и окружающей среды.

На участке с наибольшим антропогенным воздействием (улица Фучика) в районе крупной транспортной магистрали встречается в среднем 145 крупных и 1713 мелких частиц на 1 л снега, общим весом 0,02 г, количество, частиц с размером 2.5 мкм и менее составило 12 мкг/м³, с размером 5-10 мкм- 21 мкг/м³. В районе с наименьшим антропогенным воздействием на внутриквартальном участке жилой застройки улицы Ленсовета с междомовыми проездами слабой пропускной способности встречается 72 крупных и 459 мелких частиц на 1 л снега, с общим весом - 0,01 г. Концентрация частиц фракции 2.5 мкм и менее составила 8 мкг/м³,

фракции 5-10 мкм - 16 мкг/м³. В сквере со слабо развитой транспортной сетью по периферии (улица Малая Карпатская) на фильтрах было отмечено 93 крупных и 946 мелких частиц на 1 л снега общим весом 0.01 г. Концентрация взвешенных частиц фракции 2.5 мкм и менее составила 8 мкг/м³, фракция 5-10 мкм - 12 мкг/м³. Таким образом, общий вес взвешенных частиц на участке с наиболее активным транспортным движением был вдвое выше, чем на внутриквартальной территории. Не смотря на самую низкую автотранспортную нагрузку в сквере на ул. Малая Карпатская концентрация пылевых частиц мелких фракций была выше, чем на внутриквартальном участке с более активным транспортным движением и в то же время с низким уровнем озеленения. Такая ситуация складывается, вероятно, в связи с высокой снегоудерживающей способностью зеленых насаждений в сквере. Для озеленения в парках и скверах в г. Санкт-Петербург используют преимущественно местные виды древесных растений и кустарников, устойчивых к воздействию неблагоприятных условий среды, и растения, акклиматизированные в местных почвенно-климатических условиях - тополя, липы, ивы и др. Они отличаются густым ветвлением и высокой плотностью крон в зимнее время, причем у большей части деревьев кроны дополнительно сформированы для большей смыкаемости. Зеленые насаждения сквера сформированы из нескольких групп растений: низких кустарников высотой 1.5- 2 м; высоких кустарников высотой до 3 м; низкокронных деревьев высотой до 15 м и незначительного количества более высоких высококронных деревьев, таким образом, он по плотности и характеру посадки сопоставим со снегозащитными лесными полосами и представляет собой объёмную преграду для снеговетрового потока, состоящую из нескольких рядов деревьев и двухрядной кустарниковой опушки, размещённых параллельно дороге на определённых расстояниях. Некоторое время, еще не достигнув земли, снег некоторое время

удерживается кронами деревьев, принимая на себя дополнительное аэрозольное атмосферное загрязнение.

По сравнению с другими городами со сходной автотранспортной нагрузкой, снежный покров Санкт-Петербурга на исследованных участках характеризуется сопоставимыми объемами частиц, составляющей твердую фазу снегового покрова - в среднем концентрации частиц фракции менее 2.5 мкм и 5-10 мкм составили по всем трем площадкам 9 мкг/м³ и 16 мкг/м³ соответственно. Для сравнения, среднесуточные концентрации частиц фракции менее 2.5 мкм и 10 мкм в Москве 6 мкг/м³ и 21 мкг/м³, в Воронеже - 7 мкг/м³ и 34 мкг/м³, в Красноярске - 15 мкг/м³ и 45 мкг/м³ соответственно. Таким образом, в Санкт-Петербурге содержание мелкодисперсных включений больше, чем в Москве и Воронеже, а частиц размерной фракции 5-10 мкм значительно меньше, чем во всех указанных городах. А из этого следует, что пылезащита при организации природоохранных и здоровьесберегающих мероприятий должна ориентироваться прежде всего на борьбу с мелкодисперсной пылью [4].

Вывод

При отсутствии своевременной уборки снега происходят эрозии почв и замедление роста растительности. Однако при уборке используются специальные машины, которые тоже усугубляют ситуацию: с земли поднимается пыль, которая попадает в атмосферу и вторично ее загрязняет. При использовании химических воздействий для повышения скорости таяния снега происходит изменение кислотности почв и разрушение зданий.

Для снижения воздействия снега урбоэкосистемы, нужно сократить сроки уборки снега на участках с высокой транспортной нагрузкой. При планировании озеленения застраиваемых зон, необходимо учитывать снегоудерживающую способность растений

Список использованной литературы

1. Загороднов С. Ю., Май И.В., Кокоулина А.А. Мелкодисперсные частицы (PM_{2,5} и PM₁₀) в атмосферном воздухе крупного промышленного региона: проблемы

мониторинга и нормирования в составе производственных выбросов // Гигиена и санитария - 2019. - №2. - с. 144

2. Кузьмичев А. А. Экспериментальные исследования адгезии городской пыли на вертикальные поверхности зданий // Строительство и техногенная безопасность - 2018. - №11. (Т 63) - с. 33

3. Маркова Е.О., Корягина Ю.П., Титова М.А. Определение антропогенного загрязнения по физико-химическим характеристикам талого снега // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. - 2023. - №1 (Т 23) - с. 51-56

4. Напесочный Н.С. Фитотоксичность снежного покрова приусадебных участков города Красноярска // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. - 2015. - №9. - с. 92.

УДК 614.76

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НА РОСТ РАСТЕНИЙ

Каурова Злата Геннадьевна, канд. биол. наук, доцент,

Власов Михаил Сергеевич, студент

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, e-mail: 6zlata@mail.ru

Аннотация: *Важность вопроса декоративного озеленения промышленных территорий повышается с ростом городов, в которых они находятся. Почвы таких зон отличаются высокой степенью антропогенного загрязнения, что не позволяет использовать декоративные культуры. В данной работе предлагаются для озеленения промзон декоративные сорта гороха и базилика.*

Ключевые слова: *промышленные зоны, озеленение, антропогенное загрязнение почв.*

IMPACT OF SOIL ANTHROPOGENIC CONTAMINATION ON PLANTS GROWTH

Kaurova Z. G., Vlasov M. S.

Annotation: *The importance of decorative plants in cities industrial zones is growing along with the cities' growth. Soils in them are prone to have strong traces of anthropogenic contamination impact, which limit the variety of decorative plants able to grow on these kind of soils. This study reviews the possibility of peas and basil plants usage as decorative plants of contaminated industrial soil.*

Keywords: *industrial zones, landscaping, anthropogenic soil contamination.*

Введение

В современном мире промышленные ландшафты стали неотъемлемой частью городских сред. Согласно «Руководству по проектированию санитарно-защитных зон промышленных предприятий» степень озеленения предприятий различных размеров должна быть не менее 40-60%. Главная задача промышленного озеленения — создать буфер между цехами и окружающей местностью. Растения задерживают пылегазовые смеси, которые выделяют предприятия, оздоравливают прилегающие территории, сокращают риск здоровью людей. Однако промышленные урбоземы отличаются крайне низким содержанием питательных веществ, доступных для растений, кроме того они со временем концентрируют в себе значительное количество загрязняющих веществ. С увеличением плотности происходит снижение влажности урбоземов и их порозности, что влечёт ухудшение эдафических условий и состояния растений. Далеко не все декоративные растения могут прорасти и далее полноценно развиваться в таких условиях. В связи с этим возникает потребность в разработке новых методов в озеленении промышленных территорий и окружающих их зон и подборе нового ассортимента декоративных растений. Подбор декоративных культур следует проводить исходя из почвенно -климатических условий площадки, полезных биотических свойств растений и эстетического

компонента. При оценке почвенно климатических условий следует учитывать характер техногенного воздействия на территории.

В то же время, существует широкий спектр лекарственных и зеленых культур мало востребованных в создании растительных композиций, но при этом обладающих эстетической привлекательностью, высокой всхожестью, устойчивостью к загрязнениям и способностью облагораживать почву, на которой они растут.

Существует положительный опыт озеленения городских территорий города Минска, где преимущественно использовались декоративно-цветочные однолетние растения (42,1%) и декоративно-лиственные однолетние растения (11,5%). Большую часть растений представляли однолетние сорта или многолетние, используемые как однолетние [2]. Характерно также широкое использование миксбордеров, в которых преобладают многолетние травянистые декоративные растения. Количество культур, представленных в миксбордерах, варьируется от 1 до 5. [3] Многолетние декоративные травянистые растения высажены на значительных площадях — 205,1м² (21%) [4]. В миксбордерах можно использовать лекарственные и зеленые культуры, с их помощью можно создавать эффектные композиции, которые сочетают полезные свойства растений с их декоративностью [5]. В миксбордерах и на газонах в суровых условиях Среднего Урала, например, выращивают алтеи, девясилы, зверобои, наперстянки, синюхи, эхинацеи. Кроме того, для таких композиций часто выбирают эфиросодержащие растения: душицу, иссоп, календулу, мелиссу, мяту, полынь, ромашку, тимьян, шалфей, эстрагон, а из зеленых культур, - укроп, петрушка листовая и корневая, сельдерей. Для озеленения при этом выбирают декоративные сорта. Обладающие высокой эстетической ценностью [6].

Целью настоящей работы было исследование возможности использования в миксбордерах при озеленении промышленных зон, наиболее

приспособленных к обитанию на урбозёмах культур - декоративных базилика и гороха. Исследования включали оценку семян на всхожесть и скорость прорастания в вегетативном эксперименте.

Основная часть

В качестве модельных растений были взяты декоративные сорта гороха и базилика, обладающие широкими пределами толерантности по отношению к эдафическим факторам среды.

Для вегетативного эксперимента были взяты образцы почвы с разными степенями загрязнения, вблизи точечного источника загрязнения в промышленной зоне Московского района г. Санкт-Петербург, на которых выращивались несколько сортов растений. Измерялась всхожесть и динамика роста на начальных этапах вегетации. Почва была взята в трёх пространственных диапазонах.

- 10 метров от источника загрязнения. Данный образец почвы характеризовался высоким содержанием крупногранульных каменистых отложений (преимущественно, гравия) и тёмным оттенком;
- 50 метров от источника загрязнения. Данный образец почвы характеризовался высоким содержанием глины, и как следствие был переувлажнен и слабо аэрирован;
- 100 метров от источника загрязнения. Рыхлая, хорошо вентилируемая почва с глубоким тёмным оттенком, богатая гумусом.

Культуры высаживались в количестве десяти семян в каждую ёмкость на почвы с различной степенью загрязнения. Эксперимент проводился в трёх повторностях до появления первых постоянных листков, что составило десять дней. Замерялись относительная всхожесть посаженных растений и скорость их роста.

Результаты исследования представлены в таблицах 1 и 2

Таблица 1

Образцы гороха

Номер образца	Расстояние от источника загрязнения, м	Количество посаженных семян гороха, ед.	Всхожесть гороха, %	Средняя высота на 3 день после всхода, см	Высота на 10 день после всхода, см
1	10	10	100	1,2	4,4
2	10	10	100	1,1	3,6
3	50	10	33,3	0,9	2,6
4	50	10	0	1,0	3,2
5	100	10	100	1,5	3,2
6	100	1	66,6	1,2	3,2

Таблица 2

Образцы базилика

Номер образца	Расстояние от источника загрязнения, м	Количество посаженных семян базилика, ед.	Всхожесть базилика, %	Средняя высота на третий день после всхода, см	Высота на 10 день после всхода, см
1	10	10	70	0,7	3,3
2	10	10	40	0,6	2,0
3	50	10	20	0,7	2,1
4	50	10	0	0,6	1,9
5	100	10	60	1,1	2,0
6	100	10	10	0,7	2,0

На основании данных, полученных в ходе эксперимента отмечено, что всхожесть базилика и гороха на образцах почвы 1 и 2 была самой высокой и составила в среднем 80%. Скорость роста базилика за заданный временной промежуток также была самой высокой на данных образцах почв, и в среднем составила 2,65 см. Высокая скорость роста связана оптимальными гранулометрическим составом, аэрацией и уровнем увлажнения почвы.

На образцах почвы 3 и 4 всхожесть базилика и гороха была самой низкой и составила в среднем 10%. Это можно объяснить высоким содержанием глины в почве, и как следствие, переувлажнением, высокой плотностью и низким уровнем аэрации. Скорость роста базилика составила в

среднем 2,0 см. К ней приближается скорость роста растений на образцах почвы 5 и 6 на расстоянии 100 м от источника загрязнения.

Показатели всхожести и скорости роста гороха на образцах 3 и 4 на расстоянии 50 м от источника загрязнений была ниже, чем на остальных образцах почв, что сопоставимо с данными, полученными при проращивании базилика.

Не смотря на низкие результаты всхожести на образцах почвы 3 и 4, как горох, так и базилик поддерживали хорошую скорость роста на данных почвах. Однако, скорость роста была меньше, чем на хорошо дренированной и аэрированной почве, поэтому для поддержки полноценного роста растений рекомендуется сажать растения на урбоземы с добавлением окультуренной и удобренной почвы.

Горох посевной и базилик лекарственный показали хорошие показатели роста на урбозёмах, поэтому рекомендуется использовать их для декоративного озеленения в миксбордерах, газонах и в городских огородах. Они обладают высокими декоративными свойствами, неприхотливы к условиям окружающей среды и экономически выгодны. В дальнейшем планируется проверка более широкого спектра не используемых сейчас в декоративных целях зеленных и лекарственных растений на возможность использования их в декоративном озеленении промышленных зон урбанизированных территорий.

Список использованной литературы

1. Николаева А. А. Воздействие техногенных загрязнений на окружающую среду / А. А. Николаева, А. К. Семерджян // Студенческая наука — Взгляд в будущее. Кубанский государственный аграрный университет. — 2023. — Стр. 250-252.
2. Бурганская Т. М. Элементы цветочного оформления общественно значимых пространств г. Минска: ассортимент и особенности композиции / Т. М. Бурганская, Н. А. Макозна, О. М. Березко [и др.] Труды белорусского государственного технологического университета. серия 1. Лесное хозяйство, 2008. - № 16. - С. 331 - 334.

3. Бурганская Т. М. Перспективы использования цветочных культур в архитектурно-пространственной организации ландшафтной среды г. Минска // Т. М. Бурганская Н. А. Макознак, О. М. Березко [и др.] // Труды БГТУ. Лесозащита и садово-парковое хозяйство. — №1. — 2011. — Стр. 219-223

4. Бурганская Т. М. Специфика использования цветочных культур в ландшафтных композициях скверов г. Минска / Т. М. Бурганская, Н. А. Макознак, Н. И. Шидловская [и др.] Труды белорусского государственного технологического университета. серия 1. Лесное хозяйство, 2009. - № 17. - С. 245 - 249.

5. Абрамчук А.В. Культивируемые лекарственные растения. Ассортимент, свойства, технология возделывания / А.В. Абрамчук, С. К. Мингалева. - Екатеринбург, 2004. – 292 с.

6. Карпухин М. Ю. Ассортимент растений для создания луговых газонов на Среднем Урале / М. Ю. Карпухин. – Екатеринбург, сб. Коняевские чтения, V Юбилейная Межд. кон. 2016. С. 20 - 24.

УДК 632.95.024.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ РЕЧНОЙ ВОДЫ БИОТЕСТИРОВАНИЕМ

Князева Ольга Сергеевна, студент,

Степанова Светлана Владимировна, д-р техн. наук, доцент

*ФГБОУ ВО “Казанский национальный исследовательский
технологический университет”, г. Казань, e-mail:ssvkan@ya.ru*

Аннотация: В работе выполнен анализ экологического состояния реки Казанка, которая подвергается интенсивному антропогенному воздействию, что приводит к ухудшению качества водных ресурсов. Для оценки токсичности воды использован метод биотестирования. В результате проведенных экспериментов определено, что исследуемая проба воды, взятая из реки Казанки, обладает слабой степенью загрязнения.

Ключевые слова: биотестирование, всхожесть семян, энергия прорастания, токсичность, индекс токсичности.

DETERMINATION OF RIVER WATER TOXICITY BY BIOTESTING

Knyazeva O.S., Stepanova S.V.

Kazan national research technological university, Kazan

Annotation: *This paper analysed the ecological state of the Kazanka River, which is subjected to intensive anthropogenic impact, which leads to the deterioration of water quality. The method of biotesting was used to assess the toxicity of water. A decrease in germination energy and germination of seeds in river water compared to the control was revealed, indicating weak pollution.*

Keywords: *biotesting, seed germination, germination energy, toxicity, toxicity index.*

В настоящее время состояние реки Казанка, находясь в условиях интенсивного антропогенного воздействия, характеризуется ухудшением качества водных ресурсов. Загрязняющие вещества различного происхождения, попадая в окружающую среду, могут видоизменяться, при этом усиливая токсическое действие [1].

Основным источником загрязнения реки Казанка являются сточные воды, ежегодный сброс которых в поверхностные водоемы бассейна Казанки достигает 252 млн. м³/год: из них 5% объема поступает в водные объекты без предварительной очистки и 86% относится к категории стоков, которые прошли неполный цикл водоподготовки, что не соответствует установленным экологическим нормативам.

На качество воды также оказывают влияние сбросы такого крупного предприятия как БОС МУП «Водоканал», выпуск сточных вод которого производится в бассейн реки Казанка. Эффективность очистки очистными сооружениями предприятия по взвешенным веществам и нефтепродуктам не превышает 90%, а по сульфат- и хлорид-ионам не достигает и 30% [2].

Учитывая значительный объем недостаточно очищенных сточных вод, поступающих в реку, важно проводить комплексную оценку токсичности водных ресурсов. Систематический мониторинг и анализ проб воды на содержание широкого спектра загрязняющих веществ, позволит выделить потенциальную опасность для водных организмов и здоровья населения.

Биотестирование является одним из самых современных и эффективных методов оценки качества воды, позволяющим определить степень токсичности и загрязненности водных объектов и оценить изменения в параметрах окружающей среды. Этот метод основан на исследовании жизнеспособности и поведении организмов, которые используются в качестве тест-объектов, и их реакции на присутствие токсичных веществ в воде.

В данной работе оценена фитотоксичность образцов воды, отобранных на территории пляжа «Нижнее Заречье» реки Казанки. В качестве контроля применялась дистиллированная вода. В качестве тест-объектов использовались семена редиса (*Raphanussativus* var. *Radicula* Pers.). Культура обладает высокой чувствительностью к изменениям окружающей среды и позволяет быстро и точно оценить качество воды, что делает ее идеальными для биотестирования [3].

Эксперимент осуществлялся параллельно в четырех чашках Петри, что позволило в дальнейшем рассчитать среднее значение для точности данных. Проращивание проводилось на фильтровальной бумаге. Для этого в чашках Петри были разложены по 10 семян на двух слоях фильтровальной бумаги, которые предварительно смачивались в исследуемой воде. Сверху пробы дополнительно накрывались увлажненной бумагой.

Оценка и учет проросших семян для определения энергии прорастания и всхожести осуществлялся в соответствии с ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» [4]. Сроки определения и условия проращивания для *Raphanus Sativus* L. var. *Radicula Pers* представлены в таблице 1.

Таблица 1

Условия и сроки проращивания семян редиса

Культура	Условия проращивания	Срок определения, сут.	
	Температура, °С	Энергия прорастания	Всхожесть
Редис <i>Raphanus Sativus L. var. radicula Pers.</i>	20±5	3	6

Первый учет проросших семян производился через 3 дня после их закладки. При этом день посадки на проращивание и день подсчета энергии прорастания или всхожести считают за одни сутки. Данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Энергия прорастания семян

Исследуемая вода	1	2	3	4	Среднее значение
Контроль	8	9	10	9	9
Речная вода	7	6	8	6	6,75

Энергия прорастания семян показывает количество семян, проросших за более короткий срок, чем требуется для определения всхожести. Ее снижение может указывать на присутствие токсичных веществ в среде, что позволяет оценить степень загрязнения.

Из таблицы 2 видно, что значения энергии прорастания семян редиса, политых образцами речной воды, ниже, чем у контрольных проб.

Через 3 дня после промежуточного подсчета фиксировалась контрольная всхожесть семян (таблица 3).

Таблица 3

Всхожесть редиса

Исследуемая вода	1	2	3	4	Среднее значение
Контроль	10	10	10	9	9,75
Речная вода	8	8	9	8	8,25

По результатам таблицы 3, можно сделать вывод, что среднее значение всхожести семян наименьшее при проращивании сельскохозяйственной культуры на фильтровальной бумаге, смоченной речной водой.

На основе собранных данных рассчитан индекс токсичности, отражающий количественное значение того, насколько процессы жизнедеятельности испытуемых организмов отклоняются от нормальных показателей (таблица 4).

$$J = \frac{B_{\text{контр}} - B_{\text{опыт}}}{B_{\text{контр}}},$$

где J – индекс токсичности;

$B_{\text{контр}}$ – всхожесть семян в контроле;

$B_{\text{опыт}}$ – всхожесть семян в опытном варианте.

Таблица 4

Индекс токсичности речной воды

Культура	Редис <i>Raphanus Sativus</i> L. var. <i>radicula</i> Pers.
Индекс токсичности	0,15

Согласно данным В.П.Лебедева, приведенные в таблице 5, исследуемая проба воды, взятая с реки Казанки, обладает слабой степенью загрязнения [5].

Таблица 5

Показатели критерия загрязнения воды

Показатель	Степень загрязнения			
	Загрязнение отсутствует	Слабое загрязнение	Среднее загрязнение	Сильное загрязнение
Всхожесть, %	90-100	65-90	30-65	<30
Индекс токсичности	<0,1	0,1-0,35	0,36-0,7	>0,7

Таким образом, для улучшения экологического состояния реки Казанки необходимо внедрение комплекса природоохранных мероприятий, которые включают в себя модернизацию технологических схем очистных

сооружений, например, с использованием мембранных фильтров и УФ-обеззараживанием, а также их постоянный контроль, ужесточение нормативов сбросов, переход на безотходную технологию и к замкнутым системам водопользования, регулирование сброса сточных вод [6].

Список использованной литературы

1. Оценка качества воды реки Казанка // КиберЛенинка URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kachestva-vody-reki-kazanka/viewer> (дата обращения: 19.03.2025).
2. Аналитическая информация Министерства экологии и природных ресурсов РТ по г. Казань // Министерство экологии и природных ресурсов РТ URL: https://eco.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_67868.pdf (дата обращения: 19.03.2025).
3. ГОСТ 33061-2014 «Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Наземные растения: тест на всхожесть семян и развитие проростков»
4. ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести»
5. Лебедев В.П. Биотестирование загрязнения и токсичности водной среды / В.П. Лебедев // Экологическая культура и образование: инновационный опыт Вологодской области – Вологда, 2006. – С. 94-98
6. Рекомендации по улучшению качества вод исследуемых рек // StudFiles URL: <https://studfile.net/preview/9401650/page:9/> (дата обращения: 19.03.2025).

УДК 727.65

НОВЫЙ ВИД ГЕРБАРИЯ

Языков Семён Андреевич, учащийся

Средняя школа №157 г. Минска имени Алексея Семеновича Бурдейного, г.

Минск, e-mail: yazykov_sem@mail.ru

Флюрик Елена Андреевна, канд. биол. наук, доцент

УО «Белорусский государственный технологический университет», г.

Минск, e-mail: FlurikE@mail.ru

Аннотация. *В работе представлена идея создания объёмного гербария для его дальнейшего использования на уроках биологии, географии и др. Данная разработка призвана популяризировать изучение растительного мира.*

Ключевые слова: *гербарий объёмный, УФ-смола*

NEW HERBARIUM SPECIES

Yazykov S.A.^{1.}, Flyurik E.A.²

*¹Secondary School No. 157 of Minsk named after Alexei Semyonovich Burdeiny,
Minsk, e-mail: yazykov_sem@mail.ru*

² Belarusian State Technological University, Minsk

Abstract. *The work presents the idea of creating a volumetric herbarium for its further use in biology, geography, etc. This development is designed to popularize the study of the plant world.*

Keywords: *volumetric herbarium, UV-pitch*

Введение

Разработка новых способов представления информации, способных вызвать интерес к получению знания – это актуальная задача для решения проблемы вовлечения молодежи в науку. Данная задача стоит перед педагогическим составом любой образовательной организации.

В настоящее время при изучении флоры используются или обычные гербарные листы, или фотографии в книгах. Однако такое изучение растений не вызывает интереса у современных учащихся [1]. В научных учреждениях с помощью современных информационных технологий производится оцифровка коллекций гербарных образцов с последующим размещением электронных данных на онлайн ресурсах открытого доступа [2]. Данный вид гербария удобен и интересен в большей степени для научных сотрудников,

но увлечь современного учащегося таким представлением школьного курса «Ботаника» сложно.

Особенностью нашей разработки является возможность изучать настоящие растения не в плоском, а в объёмном виде, в любое время года, в любых обстоятельствах. Коллекцию образцов создавали с использованием высушенных различными способами образцов растений (естественная сушка, лиофильная сушка, сушка с использованием силикагеля) и УФ-смолы. Полученные образцы позволяют изучать растения с разных сторон как невооруженным взглядом, так с использованием лупы.

Данная разработка позволит расширить оснащение кабинетов биологии и географии раздаточным и демонстрационным материалом, для проведения лабораторных и контрольных работ, устных опросов, а также предлагает дополнительные возможности для проведения мастер-классов в центрах дополнительного образования молодежи.

Востребованность в данной разработке очевидна (рис. 1).

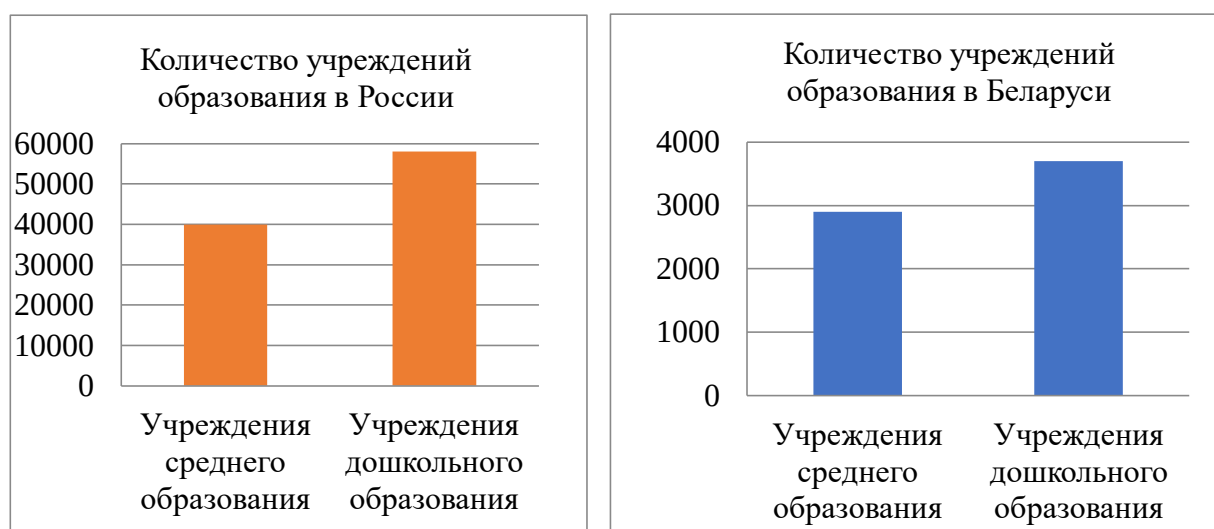


Рис.1. Количество учреждений образования в России и Беларуси

Созданная коллекция, включает разнообразные части растений, залитые УФ-смолой (рис. 2). Имеется возможность комбинировать образцы

растений из коллекции в зависимости от целей занятий, например, для оснащения факультатива «Зеленые школы» (Блок 1. Биоразнообразие) для I–IX классов, а также учебной программы по предмету «Биология» для VI–IX классов учреждений образования, реализующих образовательные программы общего среднего образования.



Рис.2. Пример образцов объёмного гербария

Выводы. Предлагаемый новый вид гербария позволяет развивать познавательную активность учащихся, а также любовь и уважение к родной земле. Считаем, что данная разработка будет представлять потенциальный интерес для Министерства образования, учреждений дошкольного образования, учреждений общего среднего образования, центров дополнительного образования молодежи.

Список использованной литературы

1. Иванова И.И. Инновационный гербарий / И.И. Иванова // Международный школьный научный вестник. – 2019. – № 3. – С. 13-19 [Электронный ресурс]: <https://school-herald.ru/ru/article/view?id=991> [Дата обращения: 16.04.2025].
2. Светашева Т.Ю. Научный гербарий ТГПУ им. Л.Н Толстого: из шкафа в мировое пространство! / Т.Ю. Светашева, А.П. Серегин // Вестник Тульского государственного университета: Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной перспективам создания национального парка «Тульские засеки», Тула, 23–26 ноября 2021 г. – Тула: Тульский государственный университет, 2021. – С. 137-151.

ЭКОГИС: ПЛАТФОРМА ДЛЯ ОБРАЩЕНИЙ

*Котова Лидия Сергеевна, студент,
Нестеренко Анастасия Владимировна, студент,
Чернова Анна Григорьевна, студент,
Патова Мария Александровна, канд. тех. наук, доцент,
Гусейнова Саяд Мухтаровна, старший преподаватель
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Нижний Новгород, e-mail:
mpatova@yandex.ru*

Аннотация: в статье предоставлены сведения о будущем приложении, которое работает в режиме «открытого окна», направленное на помощь жителей улучшить состояния окружающей среды в Нижнем Новгороде и снижение бюрократической нагрузки с правоохранительных органов.

Ключевые слова: экология, приложение, Нижний Новгород, карта, правонарушения, жалоба.

ECOGIS: A PLATFORM FOR APPEALS

*Kotova L.S., Nesterenko A.V., Chernova A.G., Patova M.A., Guseinova S.M.
Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering,
Nizhny Novgorod*

Abstract: The article provides information about a future application that operates in the "open window" mode, aimed at helping residents improve the state of the environment in Nizhny Novgorod and reducing the bureaucratic burden on law enforcement agencies.

Keywords: ecology, application, Nizhny Novgorod, map, offenses, complaint.

Введение. Экологические приложения предоставляют широкие возможности для решения проблем, связанных с состоянием окружающей среды. А постоянное развитие таких приложений указывает на наличие спроса на них. Но для достижения максимальной эффективности, то есть интеграции данных программ в повседневную жизнь людей и формирования культуры ответственного отношения к мусору, окружающей среде, собственному поведению и социальному контролю за поведением окружающих, необходимы масштабные рекламные проекты и социально-ориентированные акции и программы, ставящие своей задачей просвещение населения [1].

Несмотря на существование приложений, регулирующих правонарушения, их главный недостаток в том, что основной акцент делается на несанкционированные свалки. Для Нижнего Новгорода уже разрабатывали приложение под названием «Экологический инспектор» [2], однако его последнее обновление было в 2019 году, а также были проблемы с его установкой. Преимущество в создании «ЭкоГИС: Платформа для обращений» будет в том, что для города будет проводиться общественные наблюдения за состоянием окружающей среды. Часто при обнаружении какой-либо жалобы, человек не понимает куда можно обратиться, приложение будет работать в режиме «открытого окна», направляя то или иное обращение, в зависимости от вида проблемы, в соответствующую службу. Таким образом, можно достичь совместной работы, как жителей города, так и служб, регулирующих данные правонарушения.

Ещё одной отличительной чертой приложения будет функция экопросвещение. При входе на платформу будет проводиться регистрация и далее в зависимости от года рождения пользователя, приложение будет адаптироваться под «взрослую» и «детскую» версию.

В «детской» версии приложение будет обучать в игровом формате сортировать отходы, научит экологичному образу жизни, а также будет

рекомендовать полезные экопривычки (например, выключать воду, пока чистишь зубы).

Во «взрослой» версии так же будет предложена вкладка с напоминанием о том, как правильно сортировать отходы, при желании пользователь в любое время сможет туда заглянуть.

Так же, в отличие от других платформ, наше приложение будет доступно, как для устройств Android, так и системы IOS.

Уведомления о всех жалобах будут приходить на почту служб. В дальнейшем готовы рассмотреть и разработать другой формат для сбора жалоб, если таковой потребуется по личному усмотрению организаций. Для стимуляции решения проблем, каждый пользователь сможет открыть карту в приложении, на которой будут обозначены различные жалобы, которые поступают на платформу.



Рис. 1. Макет «ЭкоГИС: Платформа для обращений»

Для популяризации «ЭкоГИС: Платформа для обращений» планируется начать внедрять приложение среди пользователей в «горячих точках», где часто поступают жалобы от жителей, а затем и во всём городе, в учебных заведениях, домоуправляющие компании, социальные сети, раздавать листовки. В будущем планируется и рассматривается сотрудничество с различными компаниями, а также внедрении бонусной системы. За каждую информацию о каком-либо виде правонарушения,

пользователь будет получать кэшбек/бонусы/скидки при покупке товаров у партнёров.

Были проанализированы новостные каналы и выявлены основные экологические проблемы Нижнего Новгорода, такие как: запах, обращение с отходами, загрязнение водных объектов, шум и вибрации, бездомные животные, световое загрязнение, животный и растительный мир, снег.

В приложении пользователь при подаче жалобы сможет выбрать вид правонарушения или выбрать пункт «другое» и описать проблему вручную в окне «опишите Вашу проблему».

После того, как пользователь выбрал вид правонарушения ему предоставляется возможность описать более подробно ситуацию. Описать ситуацию можно будет с помощью «теста», в котором в зависимости от вида правонарушения нужно будет прислать фото- или видеоотчет, отметить балл в соответствие с таблицей, которая будет представляться, а также для всех правонарушений нужно указать геолокацию.

С обновлением приложения будут появляться и новые функции, такие как чат для пользователей, информация о ближайших экопунктах, оповещение об общественных слушаниях

Для того, чтобы определить целевую аудиторию, был проведен опрос среди более 400 человек, результаты, которого показали, что 41,8% имеют возраст от 19 до 30 лет, а также 50% голосующих работают. Проходили опрос люди из абсолютно разных сфер деятельности, но большее количество голосов имеет образовательная и производственная сферы деятельности. Наиболее беспокоящими проблемы были выявлены: обращение с отходами (61%), качество воды из-под крана (56,4%), загрязнение водных объектов (56,4%). А также 3,3% никакие экопроблемы не беспокоят. Так же выяснилось, что 64,5% опрошенных никуда не обращаются с жалобами, а 54,3% не знают куда можно обратиться, 16,7% ищут в интернете куда можно обратиться. Также жителей больше всего беспокоит экологическая

обстановка в Сормовском районе (50,2%), Московском (35,1%), Канавинский район (33,3%), Нижегородский (32,4%).

Выводы. Таким образом, приложение "ЭкоГИС: платформа для обращений" станет инновационным введением для Нижнего Новгорода, что позволит облегчить жизнь, как жителям, так и службам, контролирующим экологическую обстановку в городе. Помимо всего перечисленного, данная цифровая площадка повысит уровень образования и просвещения в сфере экологии.

Список использованной литературы

1. Пермяков, В. А., Субботина, Ю. А., Черемных, Н. К., Иванова, Е. А., Терновсков, В. Б. Использование мобильных приложений для борьбы с отходами и улучшением экологической обстановки на территории России / В. А. Пермяков, Ю. А. Субботина, Н. К. Черемных, Е. А. Иванова, В. Б. Терновсков // Colloquium-journal. — 2019. — № 25(49).
2. Мобильное приложение «Экологический инспектор» появилось в Нижегородской области // Правительство Нижегородской области [Электронный ресурс]. URL: <https://nobl.ru/novosti-nizhegorodskoj-oblasti-za-vse-vremya/mobilnoe-prilozhenie-ekologicheskij-inspektor-poyavilos-v-nizhegorodskoy-oblasti> (дата обращения: 03.12.2024).

*Раздел 6. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ
(ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТИ, ФУНГИЦИДНЫЕ, ЗАЩИТНЫЕ:
УФ, ЭМИ, РАДОНА)*

УДК 693.548.8

**ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БЕТОНОВ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРОПИТОЧНЫМ СОСТАВОМ
НА ОСНОВЕ ГЕКСАФТОРСИЛИКАТА ЦИНКА**

Хотянович Оксана Евгеньевна, канд. техн. наук, доцент

*Учреждение образования «Белорусский государственный технологический
университет», г. Минск, e-mail: okhotyanovich@belstu.by*

Аннотация. *Приведены результаты исследования по
поверхностной обработке бетона пропиточным составом на основе
гексафторсиликата цинка с целью увеличения его долговечности.
Установлено, что цинковый флюат обеспечивает снижение водопоглощения
и капиллярного водонасыщения, что сопровождается повышением предела
прочности при сжатии бетона и морозостойкости. Показано, что
пропиточный состав на основе гексафторсиликата цинка обладает
бактерицидными свойствами и фунгицидным действием.*

Ключевые слова: *бетон, флюат, гексафторсиликат цинка,
морозостойкость, биостойкость, прочность*

**INCREASING THE CORROSION RESISTANCE OF CONCRETE
MODIFIED WITH AN IMPREGNATION COMPOSITION
BASED ON ZINC FLUOROSILICATE**

Annotation. *Deals the results of a study of surface treatment of concrete with impregnating compounds based on zinc fluorosilicates in order to increase its durability. It has been established that the impregnating composition on the basis of zinc fluorosilicate provides a reduction in water absorption and capillary water saturation, which is accompanied by an increase in the compressive strength of concrete and frost resistance. It has been shown that the impregnating composition based on zinc fluorosilicate has bactericidal properties, as well as a fungicidal effect.*

Keywords: *concrete, fluuate, zinc fluorosilicate, frost resistance, bioresistance, strength*

Введение. Практика эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций показывает, что они не остаются инертными к окружающей среде и с течением времени подвергаются разрушающему воздействию природных и искусственных факторов. В этой связи актуальной задачей является обеспечение проектной долговечности железобетонных сооружений.

Способы защиты бетона от коррозии включают целый спектр мероприятий, выполняемых как на стадии проектирования сооружений, так и в процессе их эксплуатации. Меры первичной защиты бетона не всегда приводят к желаемому результату, поэтому возникает необходимость применения мер вторичной защиты, которые предполагают поверхностную обработку (пропитку) сформировавшегося бетона различными составами. Одним из эффективных способов обработки бетона является

флюатирование – пропитка бетонной поверхности водными растворами гексафторсиликатов магния, кальция, цинка и других металлов [1, 2].

Ранее в Белорусском государственном технологическом университете проведены исследования по синтезу гексафторсиликата цинка из отечественного техногенного сырья (цинксодержащей пыли газоочистки сталеплавильных печей), оптимизированы технологические параметры и разработан технологический процесс его получения. Себестоимость гексафторсиликата цинка по сравнению с импортными аналогами снижена в 1,8 раза [3, 4].

Успешная реализация первого этапа работы (разработана технология получения гексафторсиликата цинка) позволила решить другую задачу – разработать пропиточный состав на основе гексафторсиликата цинка для повышения эксплуатационных свойств бетона [5].

Целью настоящей работы является изучение основных физико-механических свойств бетона, модифицированного новым пропиточным составом на основе гексафторсиликата цинка, обладающим антибактериальным и противогрибковым действием.

Установлено, что оптимальным режимом обработки бетона является его пропитка в два приема с концентрацией гексафторсиликата цинка 5 мас.% и 15 мас.%. Интервал между обработкой растворами гексафторсиликата цинка каждой из концентраций составляет 24 ч.

Через 0,5-4 ч после пропитки бетона раствором цинкового флюата в сравнении с контрольными образцами (не обработанными) достигается стабильное снижение на 15-35% водопоглощения и на 35-40% капиллярного водонасыщения. Полученные данные объясняются прежде всего тем, что в следствие возникающих диффузионных процессов гексафторсиликат цинка перемещается с поверхности бетонного образца вглубь капилляров, пустот и микротрещин в бетонном массиве, где в результате взаимодействия с гидроксидом и карбонатом кальция

образуются водонерастворимые соединения. Для изучения природы новообразований было проведено рентгенографическое исследование поверхностных слоев цементного камня. На рентгенограмме последнего присутствуют пики ($d = 4,90; 3,11; 2,63; 1,93; 1,80 \text{ \AA}$), соответствующие Ca(OH)_2 , в то время как у пропитанного цинковым флюатом они не наблюдаются, однако появляются рефлексы, характерные для CaF_2 ($d = 3,15; 1,93; 1,65; 1,37; 1,12 \text{ \AA}$). Внутрикапиллярное кристаллообразование уплотняет структуру бетона, то есть обеспечивается кольтматация порового пространства, что препятствует фильтрации воды и растворов.

Как и следовало ожидать, уплотнение структуры бетона сопровождается повышением морозостойкости, устойчивости к циклам водонасыщения-высушивания и предела прочности при сжатии в сравнении с контрольными образцами, которые к моменту завершения испытаний имеют тенденцию к разрушению, характеризующемуся начальным шелушением и потерей прочности. Следует отметить, что начальное шелушение контрольных образцов наблюдается после 300 циклов замораживания-оттаивания, в то время как у обработанных пропиточным составом – после 400. Прирост прочности образцов обусловлен, с одной стороны, уплотнением структуры бетона продуктами реакции гексафторсиликата цинка и гидроксида кальция, с другой стороны – кристаллизацией новообразований в порах бетона. В результате выполненных исследований установлено, что даже после 500 циклов замораживания-оттаивания у образцов бетона, обработанных раствором гексафторсиликата цинка, преобладают процессы структурообразования, что сопровождается увеличением прочности до 30%, в то время как у контрольных бетонных образцов – деструкция.

Стойкость цементных бетонов в условиях воздействия биологических сред во многом определяется пористостью материала, при

снижении которой уменьшается его проницаемость для микроорганизмов. Выявлено, что пропиточный состав на основе гексафторсиликата цинка обладает бактерицидными свойствами к культурам золотистого стафилококка и кишечной палочки, а также фунгицидным действием к культурам плесневых грибов: аспергиллам, пенициллиям и др.

Выводы. Одним из эффективных способов, позволяющих повысить коррозионную стойкость бетона, является флюатирование. Установлено, что цинковый флюат обеспечивает снижение капиллярного водонасыщения на 35-40% и водопоглощения на 15-35%, что сопровождается повышением предела прочности при сжатии бетона на 20-30% и морозостойкости не менее чем на марку. Показано, что поверхностная обработка бетона пропиточным составом на основе ZnSiF_6 , обладающим антибактериальным и фунгицидным действием, целесообразна как в процессе эксплуатации, так и непосредственно сразу после его изготовления.

Список использованной литературы

1. Шейнин А.М. Об эффективности вторичной защиты дорожного бетона / А.М. Шейнин, С.В. Эккель // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2004. – №1. – С. 19-23.
2. Трахимчик О.Е. Повышение эксплуатационных свойств бетона обработкой растворами на основе гексафторсиликата магния: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.11; 05.17.01 / О.Е. Трахимчик. – Минск, 2006. – 261 с.
3. Hotyanovich O.E. Technology of magnesium hexafluorosilicate production / O.E. Hotyanovich, M.I. Kuz'menkov // Russian journal of applied chemistry. – 2007. – №11. – P. 1977-1983.
4. Хотянович О.Е. Исследование возможности использования металлургической пыли для получения кремнефторида цинка / О.Е. Хотянович, И.А. Белов // Труды Белорус. гос. технологич. ун-та. Сер. 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2017. – №2. – С. 139-145.
5. Хотянович О.Е. Пропиточный состав на основе гексафторсиликата цинка для улучшения эксплуатационных свойств бетона / О.Е. Хотянович // Труды Белорус. гос. технологич. ун-та. Сер. 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2018. – №2. – С. 71-76.

**РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННОГО МАГНЕЗИАЛЬНОГО
ВЯЖУЩЕГО ИЗ ДОЛОМИТИЗИРОВАННОГО СЫРЬЯ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА ОБЛИЦОВОЧНЫХ ЛИСТОВ**

Бикаева Юлия Вячеславовна, аспирант

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный
университет», г. Казань, e-mail: uliyaevstigneeva@mail.ru*

Аннотация. В статье рассматривается возможность использования доломитизированного известняка Матюшинского месторождения для получения магнезимального вяжущего, пригодного для производства облицовочных стеклодоломитовых листов (СДЛ). Проведён термический анализ исходного сырья и определены оптимальные параметры обжига. Разработан состав композиционного вяжущего, произведены лабораторные образцы СДЛ.

Ключевые слова: каустический доломит, магнезимальный камень, магнийсодержащее сырьё, стекломagneзитовый лист, стеклодоломитовый лист.

**DEVELOPMENT OF A COMPOSITE MAGNESIA BINDER FROM
DOLOMITIZED RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF
FACING SHEETS**

Bikaeva Yu.V.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Abstract. The article explores the potential use of dolomitized limestone from the Matyushino deposit for the production of magnesium binder suitable for the production of facing glass dolomite sheets (GDS). The thermal analysis of the raw material was conducted and the optimal calcination parameters determined. A composition of the composite binder was developed and laboratory samples of GDS were produced.

Keywords: *caustic dolomite, magnesite stone, magnesium based raw material, glass magnesite sheet, glass dolomite sheet.*

Введение

В мире 90 % оксида магния (MgO) производится из природного магнезита и брусита [1]. Основные объемы запасов магнезительного сырья сосредоточены преимущественно в Китае, КНДР, России, Турции, Словакии и Австралии. Чистый оксид магния находит применение в критически важных отраслях промышленности: при производстве огнеупоров, магнезительного цемента, теплоизоляционных материалов, а также в металлургии, химической, медицинской, нефтяной промышленности и только на 15% в качестве вяжущего для производства строительных материалов [2]. Одним из таких материалов является стекломagneзитовый лист (СМЛ) – отделочный материал, состоящий из чередующихся слоев магнезительного камня, стекловолокна. В Татарстане, как и во многих других регионах России, на рынке преобладают СМЛ китайского производства (в частности, продукции компаний *Guangzhou Panda Commercial Development*, *Jiangsu Lanquan New Material Inc., Ltd.* и др.).

Согласно действующему с 2024 года федеральному закону № 318-ФЗ, направленному на поддержку отечественных производителей и ограничение закупок импортных товаров для государственных нужд, одним из востребованных направлений является разработка энергоэффективных технологий [3-5], позволяющих снизить затраты энергии и образование отходов, а также обеспечить минимальную себестоимость получаемого продукта.

Цель исследования – разработка состава композиционного вяжущего из низкокачественного магнезительного сырья для производства облицовочных листовых материалов.

На первом этапе решалась задача установления основных параметров обжига способствующих получению каустического доломита из

доломитизированного известняка Матюшинского месторождения. В работах [6-8] отражено, что процесс разложение доломита протекает в две стадии в интервале температур 700-900 °С. Выделяют два эндотермических эффекта: первый – в интервале температур 720-760 °С, второй – при 895-910 °С.

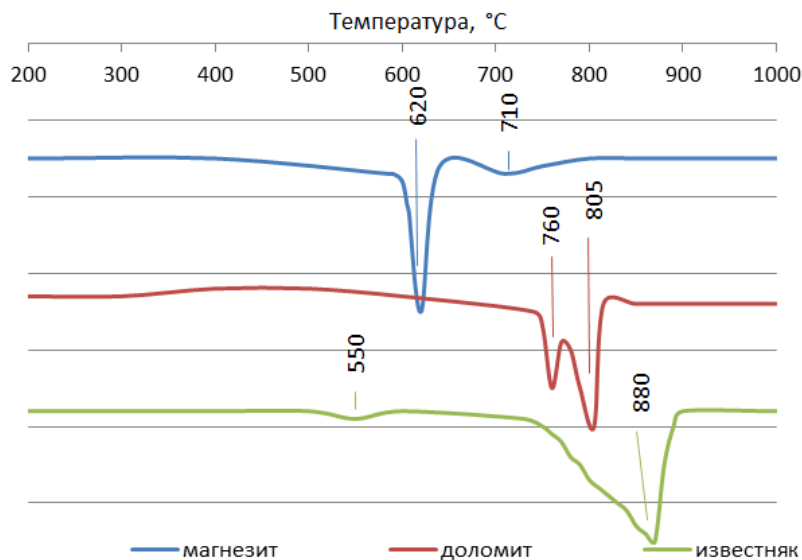


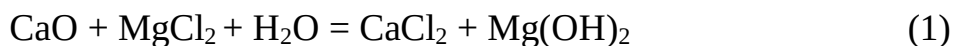
Рис. 1. ДТА – кривая терморазложения магнезита, доломита и известняка

По результатам дифференциально термического анализа (ДТА) видно (рис. 1), что фазовые превращения доломита на кривой разложения происходят в двух точках при температуре 760 °С и 805 °С. Наложение температуры распада CaCO_3 формирует сложность при получении магнезиальных вяжущих [9].

При подборе оптимального режима обжига доломитового сырья, необходимо учитывать следующие особенности: необходимо контролировать 1) величину и однородность дробления исходного сырья; 2) минимальное содержание CaO в каустическом доломите не должно превышать 2% [10].

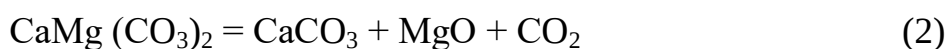
Несоблюдение размера кусков обуславливает следующие проблемы [11]: при большой концентрации мелких частиц процесс ускоряется и происходит разложение карбоната магния и пережог кристаллов MgO , в случае в частицах крупного размера они прогреваются с меньшей интенсивностью, а реакция разложения протекает неравномерно.

Небольшое содержание свободного CaO способствует протеканию нежелательной реакции образования CaCl₂:

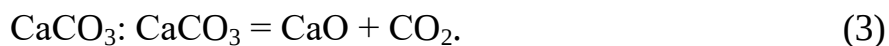


В дальнейшем свободный CaCl₂ в изделии поглощает влагу, что приводит к разрушению изделий.

Относительно того, какие процессы протекают на каждой из стадий, существуют различные точки зрения [12-14]. Одной из них является схема диссоциации, при которой на первой стадии образуются MgO и карбонат кальция:



Разложение карбоната кальция на второй стадии происходит по формуле:



Достоверность данных реакций подтверждается результатами дифференциально термического анализа. Таким образом, был выбран диапазон исследуемых температур для получения каустического доломита при температуре 700-800 °С. Выбор нижнего предела температур обоснован началом разложения MgCO₃, верхнего – отсутствием разложения CaCO₃.

Для получения каустического доломита из доломитизированного известняка исходный материал измельчали в щековой дробилке до оптимального и однородного фракционного состава с размером частиц менее 3 мм. Затем измельченный доломит подвергался обжигу в муфельной печи в огнестойком и химически стойком корундовом тигле в течение исследуемого диапазона времени и температур – 25-45 мин, 700-800 °С.

С учетом дозировки отдельно подготавливались следующие компоненты: каустический доломит: бишофит: вода в соотношении 1:0,4:0,15. Раствор водного хлорида магния приготавливали отдельно: в колбе смешивали до полного растворения воду и хлорид магния, высушенный до постоянной массы в сушильном шкафу. Подготовленный

затворитель плотностью 1,08-1,25 г/см³ вливали в порошок каустического доломита и замешивали полученное тесто до состояния однородности в течении 3-5 мин и до состояния нормальной густоты согласно с методикой ГОСТ 310.3-76. Далее полученную смесь укладывали в предварительно смазанную опалубку с размерами ячеек 20х20х20 мм. Твердение образцов происходило при температуре окружающей среды 20±3 °С при средней влажности 30-45 %. Распалубку образцов производили на третьи сутки твердения. Образцы испытывались на прочность на сжатие в возрасте 3, 14, 28 суток твердения на механическом прессе ПРГ-1-100 (100кН/10т). В каждой серии изготавливалось не менее 6 образцов.

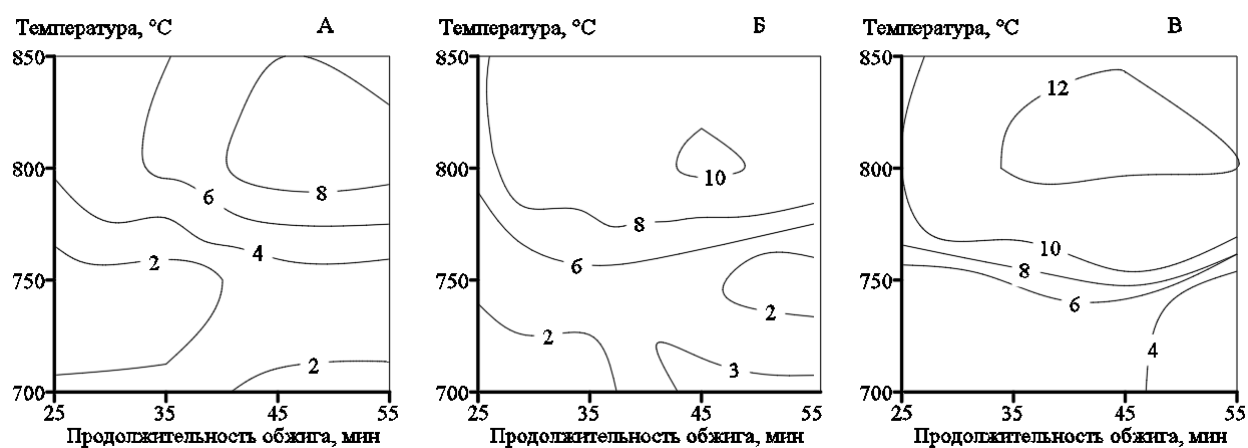


Рис. 2. Графики зависимости прочности при сжатии магнезиального камня в возрасте 3, 14, 28 суток нормального твердения от продолжительности обжига и температуры в возрасте: А) 3 сут., Б) 14 сут., В) 28 сут.

Выявлено влияние температуры и времени обжига доломита на прочность при сжатии получаемого магнезиального камня в возрасте 3, 14, 28 суток нормального твердения (рис. 2). Потери при прокаливании не превысили 15 %, что свидетельствовало о невысоком количестве примесей исходного доломитового камня.

В интервале температур 700-750 °С прочность образцов при сжатии на 3 сут. составила 1,7-2,8 МПа. Данные отражают первый эндотермический эффект, при котором происходит распад решетки доломита и образуются карбонат кальция, оксид магния и предположительно частично неразложившийся карбонат магния. Увеличение продолжительности обжига

до 55 мин при 800 °С дает несущественный прирост прочности готовых образцов. Это связано с пониженным количеством активного оксида магния, вызванного недожогом крупных частиц MgO размером более 3 мм. Камень из каустического доломита на 14 сутки набирает более 70 % прочности вследствие полной кристаллизации.

Фазовый состав и морфологию полученных образцов магнезиального камня определяли методом рентгенофазового анализа. В процессе декарбонизации исходного доломита при температуре 800 °С в течение 45 мин были обнаружены: доломит 10 %, инертный кальцит 65 %, полностью прореагировавший MgO в соединении 3 фазного гидрооксидохлорида 22 %, а также примеси кварца и графита до 3 %.

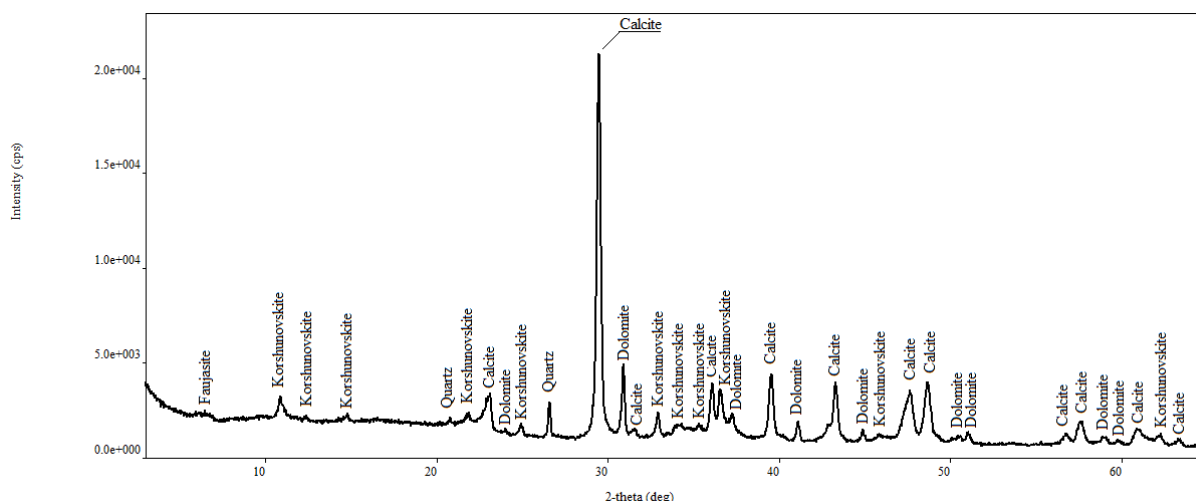


Рис. 3. РФА образца магнезиального камня

Магнезиальный камень, состоящий преимущественно из трехфазного гидрооксидохлорида в виде волокнистой структуры придает изделиям прочность на изгиб, что обеспечивает возможность применения в производстве листовых материалах из магнезиального вяжущего. Отсутствие новообразований гидроксида магния подтверждает мнение о наличии полностью прореагировавшего активного оксида магния.

Разработанное магнезиальное вяжущее рассматривалось как сырье для получения стеклосланцевых облицовочных листов (СДЛ), представляющих собой строительно-отделочный материал на основе

каустического доломита с инертным наполнителем (опилки, пенопласт, перлит) с параметрами близкими к зарекомендовавшим себя аналогам СМЛ, гипсоволокнистых композиционных листов (ГКЛ).

Основные входные параметры для получения пробных образцов СДЛ были выбраны с учетом рецептуры получения СДЛ [15-16]: соотношение $MgO:MgCl_2$; вид и содержание наполнителя; дисперсность магнезиального сырья. В качестве критерия оптимизации выбраны следующие показатели: плотность 1600 – 1900 кг/м³; водопоглощение не более 30%; прочность на изгиб.

Лабораторные образцы композиционных стеклодоломитовых листов изготавливали при следующем соотношении сырьевых компонентов: «каустический доломит: бишофит/вода/наполнители/ добавки = 1/0,4/(0,2÷0,25)/0,1/0,01 масс. После 28-суточного твердения образцов определяли основные показатели качества СДЛ стандартными методами. Полученные образцы СДЛ удовлетворяют требованиям стандартов на СМЛ со следующими основными показателями качества: прочность на изгиб в возрасте 14 сут. $\sigma \approx 12,5$ МПа, пористость 8-10 %, плотность $\rho \approx 1700-1800$ кг/м³.

Выводы

Установлено, что оптимальные условия обжига доломитизированного известняка позволяют получить активный каустический доломит с минимальным содержанием свободного СаО, что важно для предотвращения гигроскопичных новообразований в готовых изделиях.

В результате исследований подобран оптимальный режим обжига каустического доломита в интервале 35-45 мин при температуре 800°С с средней прочностью на сжатие в возрасте 28-сут 10,8 МПа.

Дифференциально-термический и рентгенофазовый анализ подтвердили литературные данные о двухстадийной схеме разложения доломита с формированием MgO и CaCO₃ и фазовом составе магнезиального камня.

Изготовленные лабораторные образцы СДЛ по прочностным и физико-техническим характеристикам соответствуют требованиям к современным листовым облицовочным материалам, что подтверждает целесообразность использования местного сырья в строительной отрасли.

Список использованной литературы

1. Drnek T. L., Moraes M. N., Neto P. B. Overview of magnesite //J. Refractory Innov. RHIM Bull. – 2018. – Т. 1. – С. 14-22.
2. Шелихов Н. С., Рахимов Р. З., Стоянов О. В. Композиционные магнезиальные вяжущие из местного сырья рт //Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – №. 4. – С. 164-167.
3. Оптимальные параметры и картина магнитного поля рабочей камеры в аппаратах с вихревым слоем / Р. А. Ибрагимов, Е. В. Королев, Р. Я. Дебердеев, В. В. Лексин // Строительные материалы. – 2018. – № 7. – С. 64-67. – DOI 10.31659/0585-430X-2018-761-7-64-67.
4. Ибрагимов, Р. А. Прочность композитов на основе модифицированного портландцемента, активированного в аппарате вихревого слоя / Р. А. Ибрагимов, Е. В. Королев // Промышленное и гражданское строительство. – 2021. – № 1. – С. 35-41. – DOI 10.33622/0869-7019.2021.01.35-41.
5. Ибрагимов, Р. А. Исследование структурообразования, активированного наномодифицированного цементного камня методом ИК-спектроскопия / Р. А. Ибрагимов, Л. И. Потапова, Е. В. Королев // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2021. – № 3(57). – С. 41-49. – DOI 10.52409/20731523_2021_3_41.
6. Choquette P. W., Hiatt E. E. Shallow-burial dolomite cement: a major component of many ancient sucrosic dolomites //Sedimentology. – 2008. – Т. 55. – №. 2. – С. 423-460.
7. Walling S. A., Provis J. L. Magnesite-based cements: a journey of 150 years, and cements for the future? //Chemical reviews. – 2016. – Т. 116. – №. 7. – С. 4170-4204.
8. Mehmood M. et al. Dolomite and dolomitization model-a short review //International Journal of Hydrology. – 2018. – Т. 2. – №. 5. – С. 549-553
9. Divekar R. S., Sawant R. M. Dolomite powder in concrete: a review of mechanical properties and microstructural characterization //Civil Eng Archit. – 2023

10. Хузиахметов Р. Х. Технология магнезиальных вяжущих из доломитового порошка и оценка качества продуктов обжига //Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – №. 7. – С. 101-107.
11. Лукаш Е. В., Кузьменков М. И. Влияние дисперсности каустического доломита на его свойства //Сухие строительные смеси. – 2014. – №. 4. – С. 24-25
12. Носов А. В. и др. Высокопрочное доломитовое вяжущее //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2013. – Т. 13. – №. 1. – С. 30-37
13. Белоусов М. В. и др. Термодинамика и кинетика процесса термической диссоциации доломита //Izvestiya Vuzov. Tsvetnaya Metallurgiya. – 2016. – №. 2. – С. 18-25
14. Liu Z. et al. Experimental investigation on the properties and microstructure of magnesium oxychloride cement prepared with caustic magnesite and dolomite //Construction and Building Materials. – 2015. – Т. 85. – С. 247-255.
15. Р.Х. Хузиахметов, Р.А. Ибрагимов, А. И. Хамитова, И.Д. Твердов. Физико-химические основы получения облицовочных строительных материалов на основе низкокачественного магнезиального сырья // Вестник Технологического университета. 2019. Т. 22. № 11. С. 92-98.
16. Орлов А. А., Черных Т. Н., Крамар Л. Я. Стекломагнезиальные листы: проблемы производства, применения и перспективы развития //Строительные материалы. – 2014. – №. 3. – С. 48-52.

*Раздел 7. УТИЛИЗАЦИЯ И ПЕРЕРАБОТКА БЫТОВЫХ И
ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ*

УДК 666.973.6

**РЕЦИКЛИНГ ПОВРЕЖДЕННЫХ ГАЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИИ ПРИ
ПРОИЗВОДСТВЕ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА**

Строганов Виктор Федорович, доктор хим. наук, профессор,

Массарова Гузель Илдаровна, студент,

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный
университет», г.Казань, e-mail: g.massarova2002@mail.ru*

Аннотация: *В статье рассмотрены состав и свойства ячеистых бетонов. Предложены пути применения и утилизации газобетонных отходов. Выполнен анализ влияния повторного использования газобетонных отходов на физико-механические свойства готовой продукции. Особое внимание уделяется экологическим и экономическим аспектам рециклинга.*

Ключевые слова: *газобетон, ячеистый бетон, природные ресурсы, отходы, экология, переработка и утилизация.*

**RECYCLING OF DAMAGED AERATED CONCRETE PRODUCTS IN
THE PRODUCTION OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE**

Stroganov V.F., Massarova G.I.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Annotation: *The article discusses the composition and properties of cellular concrete. Ways of using and disposing of aerated concrete waste that do not increase safety for the environment and consumer health are proposed. The analysis of the effect of the reuse of aerated concrete waste on the physical and mechanical properties of finished products is carried out. Special attention is paid to the ecological and economic aspects of recycling.*

Keywords: *aerated concrete, cellular concrete, natural resources, waste, ecology, recycling and disposal.*

Введение

Снижение влияния производственных рисков с целью сохранения невозполнимых природных ресурсов является глобальной мировой задачей, в том числе в нашей стране. Одним из наиболее рациональных вариантов её решения является использование отходов основного производства, которые образуются в процессе изготовления целевых материалов в процессе производственного рециклинга.

Производственные предприятия стремятся к разработке прогрессивных технологий, обеспечивающих рециклинг, к эффективному использованию сырья и снижению производственных затрат. Активно сотрудничая с отечественными и зарубежными партнерами, они разрабатывают и внедряют стратегии, направленные на повышение экологической и социальной ответственности, включая восполнение уже нанесенного природе ущерба [1]. Такой подход обеспечивает улучшение целого ряда показателей эффективности производств.

Целью статьи является изучение возможности рециклинга отходов основного производства автоклавного газобетона для повышения экономичности и экологичности производства.

Согласно ГОСТу 31359-2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия», ячеистый бетон — это искусственный каменный материал пористой структуры, изготовленный из вяжущего, тонкомолотого кремнеземистого компонента, порообразователя и воды и прошедший тепловлажностную обработку при повышенном давлении [2]. Ячеистые бетоны – эффективный материал современного строительства, производство и применение которого обеспечивают ресурсосбережение. По сравнению с традиционными стеновыми материалами, теплоизоляция которых чаще всего достигается благодаря дополнительным, энергоемким в

производстве теплоизоляционным материалам, ячеистые бетоны обладают весьма высокими теплоизоляционными свойствами благодаря множеству пор, содержащих воздух, обладая высокими теплозащитными свойствами и теплоаккумулирующей способностью, эти материалы в значительной степени снижают потери тепла зимой и позволяют нивелировать повышение уровня температур летом и возможность регулирования влажности воздуха за счет поглощения и выделения влаги, способствуя созданию более благоприятного микроклимата [3].

В состав ячеистого бетона входят вяжущее вещество, армирующие компоненты, кремнеземистый заполнитель, порообразователь и модифицирующие добавки. В качестве вяжущих для приготовления армированного фиброй ячеистого бетона рекомендуется применять: портландцемент, глиноземистый цемент, золы высокоосновные, известь негашеную кальциевую, шлак доменный гранулированный и гипс строительный.

В производстве в качестве армирующего компонента рекомендуется применять полимерные, стеклянные, минеральные, органические волокна для придания большей прочности конструкциям.

Для получения поровой структуры ячеистого бетона применяют пенообразователи, обеспечивающие заданную среднюю плотность и требуемые физико-механические показатели ячеистого бетона и удовлетворяющие требованиям.

Для формирования прочной структуры межпорового пространства применяют «жирные» пены. Основными характеристиками, при проектировании составов поризованных материалов на основе белковых и синтетических ПАВ, являются пенообразующая способность и кратность пены.

В качестве стабилизаторов рекомендуется использовать высокодисперсные минеральные компоненты.

Кремнеземистыми компонентами для приготовления ячеистого фибробетона являются: природные материалы и вторичные продукты промышленности и энергетики (золы-уноса теплоэлектростанций, продукты обогащения различных руд, продукты собственного производства).

В соответствии с ГОСТ 24211-91 при изготовлении ячеистых бетонов используют добавки, ускоряющие процессы схватывание бетонных смесей и твердение бетона. Кроме того, применяют воздухововлекающие добавки, обеспечивающие получение бетонов заданной средней плотности при объеме вовлеченного воздуха от 15 до 90%; водоредуцирующие, пластифицирующие добавки, снижающие расход воды более чем на 20% и усадочные деформации при высыхании на 35-40%; и стабилизирующие, водоудерживающие добавки [4].

По способу изготовления газобетонные блоки подразделяют на блоки автоклавного и не автоклавного твердения. Автоклавный ячеистый бетон — это материал, который проходит специальную обработку в автоклаве, в аппарате, который предназначен для проведения процессов при температуре и под давлением выше обычного. Смесь обрабатывается в среде насыщенного пара при температуре 180-200 °С и под давлением в 10-14 атмосфер. В таких условиях, кварцевый песок и оксиды кальция и алюминия вступают в реакцию. Результатом этой реакции является формирование новых стойких минералов. А газовые поры или ячейки в структуре измельчаются, и их распределение по объему становится равномерным. Применяемое в заводских условиях автоклавирование газобетона значительно повышает потребительские и физико-механические свойства готовой продукции, что обеспечивает большую стабильность качества строительных конструкций на их основе [5].

Ячеистые бетоны автоклавного твердения достаточно широко используется в практике жилищного строительства Российской Федерации. Это обусловлено, как их эксплуатационными характеристиками (низкая

удельная теплопроводность, высокая стойкость к биокоррозии и их экологичность), так и технологичностью их изготовления и применения (легкость резки и механической обработки).

Производство газобетона может приводить к выбросам CO_2 , оксида азота и серы при обжиге топлива, что способствует образованию кислотных дождей, образованию пыли при измельчении, транспортировке и складированию сырья, из-за чего загрязняется воздух, водные ресурсы, что оказывает негативное влияние на экосистему.

В этой связи для всех производителей автоклавного газобетона серьезной проблемой является утилизация отходов производства, которые в основном образуются в результате технологической обработки (подрезной слой (1а) и бракованные блоки (1б)) (рис. 1).



1а



1б

Рис. 1. Подрезной слой или твердый отход ячеистого бетона после автоклавной обработки (1а) и поврежденные части блоков (1б)

Технологические стадии производства стройматериалов из дробленого ячеистого бетона достаточно просты и доступны для внедрения практически на любом предприятии, выпускающем автоклавную продукцию.

Следует отметить, что отходы в виде газобетонной крошки содержат относительно большую влажность, поэтому их переработка методами дробления и измельчения, без предварительной сушки не возможна и нетехнологична.

В связи с этим, совместно с технологами ООО «ГлавБашСтрой» проработан и технологически реализован на пробной партии изделий метод рециклинга твердых отходов ячеистого бетона, заключающийся в использовании в качестве заполнителя отходы подрезного слоя при производстве блоков из автоклавного газобетона [6]. Известны также методы использования отходов подрезного слоя и в качестве вяжущего. Однако реализация данного метода требует выполнения ряда технологических мер: обеспечение дополнительного тонкого помола отходов и приобретение дорогостоящего оборудования, и его обслуживание, что необходимо для гидратации и получения силикогеля для будущего изделия [7].

Технология использования производственных отходов заключается в измельчении отходов и обработки их раствором, в смешивании всех компонентов раствора, в заливке в форму, виброформовании, затвердевании и перемещении изделий-полуфабрикатов в зону сушки и хранения [8].

Внедрение представленной выше технологии потребует ряд дополнительных затрат на недорогое оборудование, обеспечивающего массовый возврат отходов в производство: дробилка, вибропресс и различное нестандартное оборудование (тара и реквизит, изготовленное самостоятельно).

Данный метод обуславливает экономию песчаной смеси (до 10 %) за счет введения газобетонного щебня, полученного на основе дробления подрезного слоя газобетона и бракованных изделий, и сокращение расходов на захоронение и транспортировку производственных отходов, поскольку материалы эффективно возвращаются в производственный цикл. Использовать полученные изделия рекомендуется в неответственных несущих конструкциях, в качестве перегородок помещений [9].

Вывод

Таким образом, технические возможности существующих предприятий позволяют реализовать комплекс мер по использованию отходов, для этого

потребуется приобретение оборудования. Предложенные мероприятия достаточно легко могут быть реализованы на однородных предприятиях производства автоклавного газобетона в масштабах страны что значительно улучшающее экологичность производства, снизит затраты на утилизацию, сбор и хранение отходов. Также, при внедрении рециклинга отходов при производстве газобетона снижается на 1,8 % материалоемкость продукции. В целом, реализация мероприятий проекта могут быть выполнены собственными силами каждого предприятия и окупаемость затрат не превысит 4–5 месяцев.

Список использованной литературы

1. Мясникова А.А., Использование вторичных ресурсов в современном строительстве [Текст] /А.А. Мясникова. – Журнал: «Архитектура, градостроение и дизайн», 2020. – №4(26). – 39-47 с.
2. ГОСТ 31359-2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия».
3. Мирюк О.А. Формирование структуры ячеистых бетонов: Учебное пособие / О.А. Мирюк. – Рудный: Рудненский индустриальный институт, 2015. – 210 с.
4. Гвоздева А.А. Применение и изготовление ячеистого фибробетона/ А.А. Гвоздева, В.И. Савин. – Метод. рекомендации, Москва – 2018. – С. 185.
5. Васильев А.А. Использование автоклавного газобетона в современном строительстве // Трибуна ученого. 2021. № 6. С. 16–23
6. Кутлумбетова, Д. А. Техничко-экономическое обоснование возможности реализации проекта рециклинга отходов производства стеновых и перегородочных блоков на предприятиях производства автоклавного газобетона (на примере ООО «ГлавБашСтрой» (Республика Башкортостан)) / Д. А. Кутлумбетова, Д. А. Нурмухаметова, И. В. Борисова, Н. С. Самофеев // Отходы и ресурсы. — 2021. — Т. 8. — № 4. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/09ECOR421.pdf> DOI: 10.15862/09ECOR421.
7. Хабибова Р.Р., Хабиров И.М. Состав и технология стеновых блоков на основе отходов автоклавного газобетонного производства // Материалы XXIX Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы строительного комплекса России», Уфа, Издательство УГНТУ. 2020.
8. Хабибова Р.Р., Хабиров И.М. Далецкий А.П. Применение подрезного слоя газобетонных блоков автоклавного твердения в производстве новых строительных

изделий // Материалы 70-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ, том 2, Уфа, Издательство УГНТУ. 2019.

9. Серова Р.Ф., Рахимова Г.М., Ткач С.А., Стасилович Е.А., Русанов А.А. Получение эффективного модифицированного газобетона с использованием отходов промышленности и вторичного сырья // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – №8 (часть 1) – С. 41-46. – <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=7817>.

УДК 667.6

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ

Осипова Венера Юсуповна, канд. техн. наук, доцент,

Колниболотчук Дарья Андреевна, студент

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Казань, e-mail: uvenos16@gmail.com*

Аннотация: *Статья посвящена анализу современных методов и технологий, которые направлены на эффективное управление пластиковыми отходами и снижение их негативного воздействия на окружающую среду. В ней рассматриваются ключевые инновации, которые помогают улучшить процессы переработки, повысить качество вторичных материалов и способствовать устойчивому развитию.*

Ключевые слова: *инновационные технологии, биопереработка, пиролиз, аддитивное производство, суперкритическая переработка, автоматизация сортировки, искусственный интеллект.*

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN PLASTIC WASTE PROCESSING

Osipova V.U., Kolnibolotchuk D.A.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Annotation: *The article analyzes modern methods and technologies aimed at effective management of plastic waste and reducing its negative impact on the environment. It examines key innovations that help improve recycling processes, increase the quality of secondary materials, and promote sustainable development.*

Keywords: *innovative technologies, biorefining, pyrolysis, additive manufacturing, supercritical processing, sorting automation, artificial intelligence.*

Введение

В условиях глобального кризиса, вызванного накоплением пластиковых отходов, необходимость в инновационных технологиях переработки становится более актуальной, чем когда-либо. В данной статье рассматриваются современные методы и технологии, направленные на эффективную переработку пластиковых материалов и снижение их негативного воздействия на окружающую среду [1].

Статья анализирует примеры успешной реализации инновационных решений в различных странах, подчеркивая важность междисциплинарного подхода и сотрудничества между государственными учреждениями, научными организациями и частным сектором. В заключение подчеркивается необходимость дальнейших исследований и инвестиций в технологии переработки пластика для достижения целей устойчивого развития и защиты экосистемы планеты [2].

Инновационные технологии переработки отходов представляют собой современные методы и подходы, направленные на эффективное управление отходами, их переработку и повторное использование. Эти технологии помогают снизить негативное воздействие отходов на окружающую среду, экономить ресурсы и способствовать устойчивому развитию.

Основные аспекты статьи включают:

– Обзор существующих технологий: Подробное описание механической, химической и биопереработки пластиковых отходов, а также новых подходов, таких как пиролиз и аддитивное производство [3].

– Анализ новых разработок: Рассмотрение передовых технологий, таких как электрохимическая переработка и суперкритическая переработка, которые открывают новые возможности для утилизации пластика.

– Роль микроорганизмов: Исследование использования биотехнологий для разложения пластиковых полимеров с помощью микроорганизмов и ферментов, что может значительно снизить объем отходов.

– Инновационные системы сортировки: Обсуждение применения искусственного интеллекта и автоматизации в процессах сортировки пластиковых отходов для повышения их эффективности.

– Примеры успешных практик: Приведение примеров стран и компаний, которые внедрили инновационные технологии в области переработки пластика, а также анализ их влияния на экологическую ситуацию.

– Перспективы развития: Обсуждение будущих направлений исследований и инвестиций в технологии переработки пластика, а также важности междисциплинарного подхода к решению проблемы пластиковых отходов.

Статья подчеркивает необходимость интеграции инновационных решений в существующие системы управления отходами для достижения целей устойчивого развития и защиты окружающей среды.

Инновационные технологии переработки пластиковых отходов:

1. Механическая переработка — является одним из наиболее распространенных методов утилизации пластиковых отходов. Этот процесс включает в себя:

- Прецизионная сортировка. Использование оптических и инфракрасных систем позволяет точно разделять полиэтилен по типам и цветам, минимизируя примеси.

- Улучшенные процессы очистки. Применение многоступенчатой очистки с использованием щелочных растворов и ультразвука помогает удалять загрязнения, такие как масла или краски.

- Стабилизаторы качества. Добавление специальных добавок во время переработки помогает сохранить свойства переработанного полиэтилена, делая его пригодным для повторного использования в упаковке и других изделиях [4].

2. Химическая переработка — представляет собой более сложный процесс, который включает разложение пластиковых полимеров на мономеры или другие полезные вещества с помощью химических реакций.

Одним из наиболее перспективных направлений является пиролиз — термическое разложение пластика в отсутствие кислорода. Этот метод позволяет получать углеводородные газы и масла, которые могут быть использованы как сырье для производства новых пластиковых изделий или топлива.

- Газификация. При высоких температурах полиэтилен разлагается до синтез-газа (смеси водорода и угарного газа), который используется для производства энергии или химических продуктов.

- Каталитическая деполимеризация. Использование катализаторов позволяет проводить разложение полиэтилена при более низких температурах, что сокращает энергозатраты [5].

3. Биопереработка — это использование микроорганизмов и ферментов для разложения пластиковых полимеров. Исследования показывают, что некоторые бактерии способны эффективно разлагать определенные виды пластика, такие как полиэтилентерефталат (ПЭТ). Эта технология имеет огромный потенциал для снижения объемов пластиковых

отходов и может стать важным инструментом в борьбе с загрязнением окружающей среды.

Ideonella sakaiensis – это новый вид бактерий, который способен расщеплять и метаболизировать полиэтилентерефталат (ПЭТ), широко используемый в упаковочной промышленности. Этот вид бактерий был обнаружен в 2016 году в Сакай, Япония, в результате исследования микробиома ПЭТ-загрязненных осадков

4. Аддитивное производство (3D-печать) — аддитивное производство, или 3D-печать, также открывает новые возможности для переработки пластиковых отходов. Использование переработанных материалов в 3D-принтерах позволяет создавать новые изделия без необходимости производства нового пластика. Это не только снижает объемы отходов, но и экономит ресурсы [5].

5. Электрохимическая переработка: Применение электрохимических процессов для разложения отходов на более простые молекулы с целью их дальнейшего использования.

6. Сверхкритическая переработка: Использование сверхкритических жидкостей (например, воды или углекислого газа) для растворения и переработки отходов при высоких температурах и давлениях [6].

7. Инновационные системы сортировки: Внедрение автоматизированных систем сортировки с использованием искусственного интеллекта и машинного обучения для повышения эффективности сбора и сортировки отходов. Эти системы способны быстро и точно идентифицировать различные виды пластика, что значительно упрощает процесс сбора и переработки.

8. Круговая экономика: Подход, который подразумевает проектирование продуктов с учетом их дальнейшей переработки и минимизации отходов на всех этапах жизненного цикла.

9. Нанотехнологии: Исследования в области наноматериалов могут привести к созданию новых типов материалов, которые легче поддаются переработке или имеют улучшенные свойства для повторного использования.

– Нанокатализаторы. Они позволяют перерабатывать пластик при более низких температурах, повышая эффективность процесса.

– Добавки для улучшения переработки. Наноматериалы используются для улучшения характеристик переработанного полиэтилена, таких как прочность и устойчивость к износу.

Выводы

Инновационные технологии в переработке пластиковых отходов играют ключевую роль в решении проблемы загрязнения окружающей среды пластиком. Их внедрение не только способствует эффективному управлению ресурсами, но и открывает новые возможности для создания устойчивой экономики. Однако для достижения значительных результатов необходимо продолжать исследования в этой области, а также развивать сотрудничество между государственными органами, научными учреждениями и бизнесом для создания эффективных систем управления пластиковыми отходами на глобальном уровне.

Список используемой литературы

1. Кузнецов В. А., Сидоренко А. В. Переработка пластиковых отходов: проблемы и перспективы. «Научные труды РГТЭУ», 2020. – №1(1). – С.45-50.

2. Смирнов А. Н., Петрова Е. И. Инновационные технологии переработки пластиковых отходов. «Экология и промышленность России», 2023. – № 22(5). – С. 34-39.

3. Смирнов, Рябов О. Р. Зеленые микрзоны в урбанизационный среде / О. Р. Рябов // Известия КГАСУ, 2016. – № 4 (38). – С. 185–191.

4. Григорьев А. И., Лебедев С. В. Современные методы переработки пластиковых отходов. «Вестник Технологического университета», 2022. – №19(4). – С. 12-18.

5. «National Geographic - The Problem with Plastic» [<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/plastic-pollution>] Статья о

проблемах пластикового загрязнения и возможных решениях. Дата обращения: 28.05.2025.

6. Барышева О. Б., Садыков Р. А., Хабибуллин Ю. Х., Таймаров М. А., Высокотемпературная переработка твердых бытовых отходов / Барышева О. Б., Садыков Р. А., Хабибуллин Ю. Х., Таймаров М. А. // Известия КГАСУ. – 2019. – № 2 (48). – С. 307–313.

УДК 628.477

КАРБОКСИМЕТИЛИРОВАННАЯ ЛИНГОЦЕЛЛЮЛОЗА ИЗ РИСОВОЙ СОЛОМЫ В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ВОДОНАБУХАЮЩИХ РЕЗИН

Накып Абдиракым Муратулы, ¹ассистент,

²PhD докторант КазНУ им. аль-Фараби,

Накып Абдолла Муратулы¹, магистрант

Карасева Юлия Сергеевна¹, канд. техн. наук, доцент

Черезова Елена Николаевна¹, д-р хим. наук, профессор,

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

²Казахстанский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

e-mail: abdirakym1994@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается возможность применения модифицированных отходов рисоводства в качестве наполнителей в составе водонабухающих резин для производства резино-технических изделий.

Ключевые слова: отходы рисоводства, рисовая солома, лигноцеллюлоза, набухающие резины.

CARBOXYMETHYLATED LIGNOCELLULOSE FROM RICE STRAW AS FILLER FOR WATER-SWELLABLE RUBBERS

Nakyp Abdirakym Muratuly, ¹Assistant,

²PhD Candidate at Al-Farabi Kazakh National University

Nakyp Abdolla Muratuly, ¹Master's Student,

*Karaseva Yuliya Sergeyevna, ¹Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor*

Cheresova Elena Nikolaevna, ¹Doctor of Chemical Sciences, Professor

¹Kazan National Research Technological University, Kazan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty

e-mail: abdirakym1994@mail.ru

Abstract. *The article explores the potential application of modified rice cultivation waste as fillers in the composition of water-swellaable rubbers.*

Keywords: *rice cultivation waste, rice straw, lignocellulose, swellaable rubbers.*

Введение

Рисовая солома представляет собой побочный продукт рисоводства, объем которого на мировом уровне ежегодно превышает 700 миллионов тонн. По мере растущего количества промышленных отходов обостряется задача их утилизации и переработки. Традиционные методы утилизации, включающие сжигание и захоронение соломы риса, приводят к потере потенциальных ресурсов и негативно сказываются на экологии.

Целью данной работы является исследование возможности использования лигноцеллюлозы и карбоксиметилированной лигноцеллюлозы из рисовой соломы, в качестве наполнителя для водонабухающих резин.

Экспериментальная часть

Получение лигноцеллюлозного наполнителя из соломы риса проводили по методике [1]. В выделенном продукте содержание α -целлюлозы составило 89,2 %; лигнина - 6,7 %.

Карбоксиметилирование лигноцеллюлозы, полученной из соломы риса, проводили с использованием микроволновое излучения (МВИ) по методике [2, 3] (степень замещения составляет 0,65).

В качестве наполнителя-сравнения использован промышленный гидрофильный наполнитель натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ), (ТУ 2231-017-32957739-09, степень полимеризации не менее 700, степень замещения 0,9).

Для приготовления набухающей резины в качестве базовой смеси была использована стандартная рецептура, предлагаемая для бутадиен-нитрильного каучука марки БНКС-28 АМН (ТУ 38.30313-2006), использовали серную систему вулканизации. Вулканизирующая группа включает: вулканизирующий агент – серу, ускоритель вулканизации – 2-меркаптобензтиазол. Активирующая система базируется на комбинации оксида цинка и стеариновой кислоты. Роль усиливающего наполнителя в рецептуре базовой резиновой смеси (БРС) выполняет технический углерод марки П-324. Количество набухающего наполнителя составляло 150 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука.

Для приготовления набухающей резины использована стандартная рецептура для бутадиен-нитрильного каучука марки БНКС-28 АМН (ТУ 38.30313-2006). Использована серная система вулканизации с ускорителем 2-меркаптобензтиазолом. Активирующая система основана на сочетании оксида цинка и стеариновой кислоты. В рецептуре базовой резиновой смеси (БРС) усиливающим наполнителем является технический углерод марки П-324. Количество набухающего наполнителя составляет 150 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука.

Для определения свойств резиновых смесей и вулканизатов использован комплекс общепринятых методов исследования в соответствии с ГОСТ.

Обсуждение результатов

В работе предложено использовать лигноцеллюлозу, полученную из рисовой соломы (ЛЦ-Рис), и ее карбоксиметилированное производное (КМЛЦ-Рис) в качестве гидрофильного наполнителя в составе набухающих резин. Предложенный подход обеспечивает утилизацию агропромышленных отходов и позволяет получать функционально эффективные полимерные материалы.

На основе реограмм выявлено (табл. 1), что введение исследуемых лигноцеллюлозных наполнителей не оказывает значимого влияния на время достижения оптимума вулканизации.

Таблица 1

Реометрические характеристики резиновых смесей

№ п/п	Гидрофильный наполнитель	$M_{\text{макс}}, \text{dH} \cdot \text{м}$	$\Delta M, \text{dH} \cdot \text{м}$	$t_{90}, \text{мин}$
1	–	45	29	13,4
2	NaКМЦ	52	32	13,7
3	ЛЦ-Рис	80	45	13,8
4	КМЛЦ-Рис	58	32	14,5

Согласно полученным данным (табл. 2), введение в состав резины гидрофильного наполнителя приводило, в целом, к снижению условной прочности при растяжении резины (f_p), относительного удлинения при разрыве и возрастанию твердости резин по Шору А в сравнении с базовым составом резины, не содержащей набухающего наполнителя. Прочность при растяжении резины, наполненной ЛЦ-Рис или КМЛЦ-Рис, составила 9,9 МПа и 6,9 МПа, соответственно, что в 2 и более раза превышает f_p резины, наполненной промышленной NaКМЦ, f_p которой составила 3,6 МПа. При использовании КМЛЦ-Рис в сравнении с резиной, наполненной ЛЦ-Рис, относительное удлинение при разрыве резин повысилось до уровня резины, наполненной промышленной NaКМЦ.

Таблица 2

Влияние гидрофильных наполнителей на физико-механические свойства резин

№ п/п	Гидрофильный наполнитель	fp, МПа	R, %	ε, %	HSA, усл. ед.
1	NaКМЦ	3,6	18	310	88
2	ЛЦ-Рис	9,9	19	40	94
3	КМЛЦ-Рис	6,9	17	340	92

Карбоксиметилирование целлюлозы из соломы риса позволило увеличить степень набухания резин в водной среде до уровня резины, наполненной NaКМЦ. В частности, степень набухания резин (табл. 3), наполненных как NaКМЦ, так и КМЛЦ-Рис, в щелочной среде составила порядка 100 % мас., в кислой среде – порядка 60 % мас. Сравнимые значения степени набухания резин, наполненных NaКМЦ и КМЛЦ-Рис, прослеживались также при экспозиции резин в пластовой воде.

Таблица 3

Равновесная степень набухания резин с различными гидрофильными наполнителями (через 15 сут.)

Гидрофильный наполнитель	Относительное изменение массы образца, % (±2%)		Относит. изм. объема образца, %	
	NaOH, 5 % р-р	H ₂ SO ₄ , 5 % р-р	Пластовая вода (Ромашкинское месторож.)	
NaКМЦ	105	64	62	70
ЛЦ-Рис	31	18	18	19
КМЛЦ-Рис	108	67	69	76

Выводы

Изучено влияние гидрофильных наполнителей, полученных на базе соломы риса, на физико-механические характеристики и набухающую способность резин. Результаты физико-механических испытаний показали, что использование лигноцеллюлозных наполнителей из соломы риса, а также их карбоксиметилированных производных, повышает условную прочность резины при растяжении в сравнении с промышленно используемым NaКМЦ. Карбоксиметилированные производные, полученные из соломы риса, обеспечивают уровень набухания на уровне промышленного гидрофильного

наполнителя NaКМЦ. Результаты исследования подтверждают целесообразность применения целлюлозных наполнителей и ее производных в технологии производства резинотехнических изделий.

Список использованной литературы

1. Nakyp A. Extraction of Lignocellulose from Rice Straw and Its Carboxymethylation When Activated by Microwave Radiation / A. Nakyp, E. Cherezova, Yu. Karaseva, K. Shalmagambetov, A. Aleksandrov, R. Zhapparbergenov, N. Akylbekov, // Polymers. – 2024. – Vol. 16, No. 22. – P. 3208. – DOI 10.3390/polym16223208.
2. Накып А. М. Получение частично карбоксилированной порошковой целлюлозы из соломы льна и ее влияние на физико-механические свойства и степень набухания резины / А. М. Накып, Е. Н. Черезова, Ю. С. Карасева // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24, № 9. – С. 49-52.
3. Накып А. М. Получение частично карбоксилированной порошковой целлюлозы из соломы льна и ее влияние на физико-механические свойства и степень набухания резины / А. М. Накып, Е. Н. Черезова, Ю. С. Карасева // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24, № 9. – С. 49-52.

УДК 636.087.23, 504.062.2

ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ПОЛУЧЕНИЕ БИОГАЗА ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сайфутдинова Рамиля Дамировна, магистр

Степанова Светлана Владимировна, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Казанский национальный технологический университет», г.

Казань, e-mail: ssvkan@ya.ru

Аннотация. В работе рассматривается возможность использования природоподобных технологий для утилизации органических отходов. В частности, внимание уделено применению свекловичной мелассы в качестве источника сырья для питания анаэробных бактерий в смеси с куриным

помётом. В течение 20 дней получен биогаз объёмом 1012 см³ при использовании мелассы и куриного помёта в соотношении 1:1.

Ключевые слова. *биогаз, метановое брожение, меласса, органические отходы, куриный помет*

NATURE-LIKE TECHNOLOGIES: OBTAINING BIOGAS FROM ORGANIC WASTE FROM THE SUGAR INDUSTRY

Sayfutdinova R.D., Stepanova S.V.

National Technological University, Kazan

Annotation. *The paper considers the possibility of using nature-like technologies for the disposal of organic waste. In particular, attention is paid to the use of beet molasses as a source of raw materials for feeding anaerobic bacteria mixed with chicken droppings. Within 20 days, biogas with a volume of 1012 cm³ was obtained using molasses and chicken manure in a 1:1 ratio.*

Keywords. *biogas, methane fermentation, molasses, organic waste, chicken manure.*

Введение. В условиях экологического кризиса, который характеризуется ухудшением состояния окружающей среды, истощением природных ресурсов и изменением климата, перед человечеством стоит задача поиска новых подходов к развитию техносферы. Одним из таких подходов является использование природоподобных технологий, которые основаны на принципах и механизмах, существующих в природе.

Природоподобные технологии — это технологии, которые имитируют природные процессы и системы, но при этом не нарушают естественные циклы и потоки веществ и энергии. Они позволяют создавать устойчивые и эффективные системы, которые могут обеспечивать человека необходимыми ресурсами, не нанося вреда окружающей среде.

Одним из примеров природоподобных технологий являются **биотехнологии**, которые используют живые организмы для решения различных задач, в том числе в переработке органических отходов.

Анаэробное брожение (рис. 1), или метаболизм, — это процесс расщепления органических веществ в отсутствие кислорода. Такой вид метаболизма характерен для некоторых бактерий. Метановое брожение — это одна из разновидностей анаэробного метаболизма, в результате которой образуется метан. Происходит под действием таких бактерий как: *Methanobacterium formicicum*, *Methanococcus maripaludis*, *Methanosarcina barkeri*, *Methanosaeta concilii*.

В качестве источника сырья для получения биогаза применяют: навоз, птичий помёт, зерновую шелуху и солому, осадки сточных вод, пивную барду, отработанные растительные масла, пищевые и другие биоразлагаемые отходы, а также твердо коммунальные отходы.

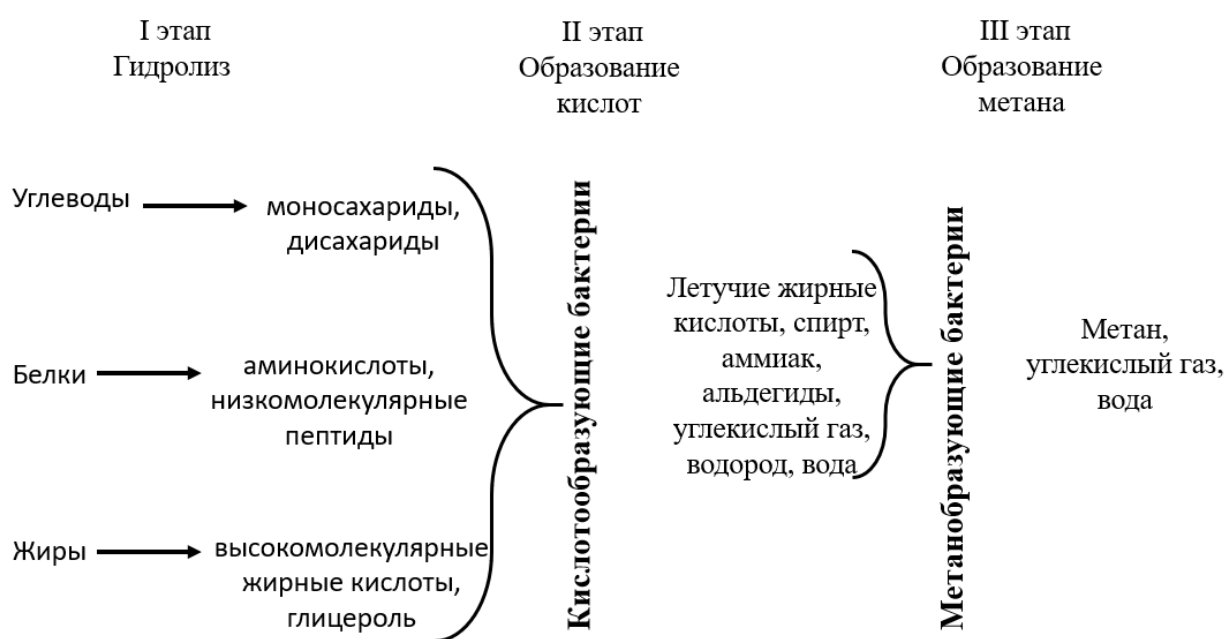


Рис. 1. Этапы процесса анаэробного брожения

В Республике Татарстан существует проблема утилизации отходов сахарной промышленности – остатков после переработки сахарной свёклы, которые содержат большое количество органических веществ. Одним из

многотонажных отходов является свекловичная меласса (патока), которая образуется при повторном уваривании и последующим разделении утфеля. Выход мелассы составляет обычно 5-5,4% от массы перерабатываемой свеклы.

Химический состав мелассы (к массе), %: сухие вещества – 76 - 85, сахара – 46 - 51, общий азот – 1,5-2, бетаин – 4-7, редуцирующие вещества – 0,5-2,5, раффиноза – 0,6 - 1,4, молочная кислота – 4-6, муравьиная и уксусная кислота – по 0,2 - 0,5, красящие вещества – 4-8, зола – 6-11.

Данный отход активно применяется в сельском хозяйстве в качестве удобрения полей и подкормки крупного рогатого скота, несмотря на это большая часть мелассы хранится в цистернах или на полигонах, занимая полезные территории. Поэтому исследовалась возможность использования свекловичной патоки для питания анаэробных бактерий, содержащихся в курином помете.

Эксперимент проводился следующим образом: в реактор поместилась 35 граммов мелассы и 35 граммов куриного помёта, затем добавилось 200 см³ дистиллированной воды. Колба закрылась для создания анаэробных условий. Смесь выдерживалась при комнатной температуре 20°C двое суток. Реакционная масса поддерживалась при температуре 30±2°C. Образующийся биогаз проходил через склянку Дрекселя, где очищался от углекислого газа. Очищенный биогаз поступал в бутылку Вульфа, заполненную водой. Вытесненный объём воды в цилиндре соответствовал объёму выделившегося биогаза. По полученным данным построен график зависимости выхода биогаза от момента загрузки реакционной массы (рис. 2)

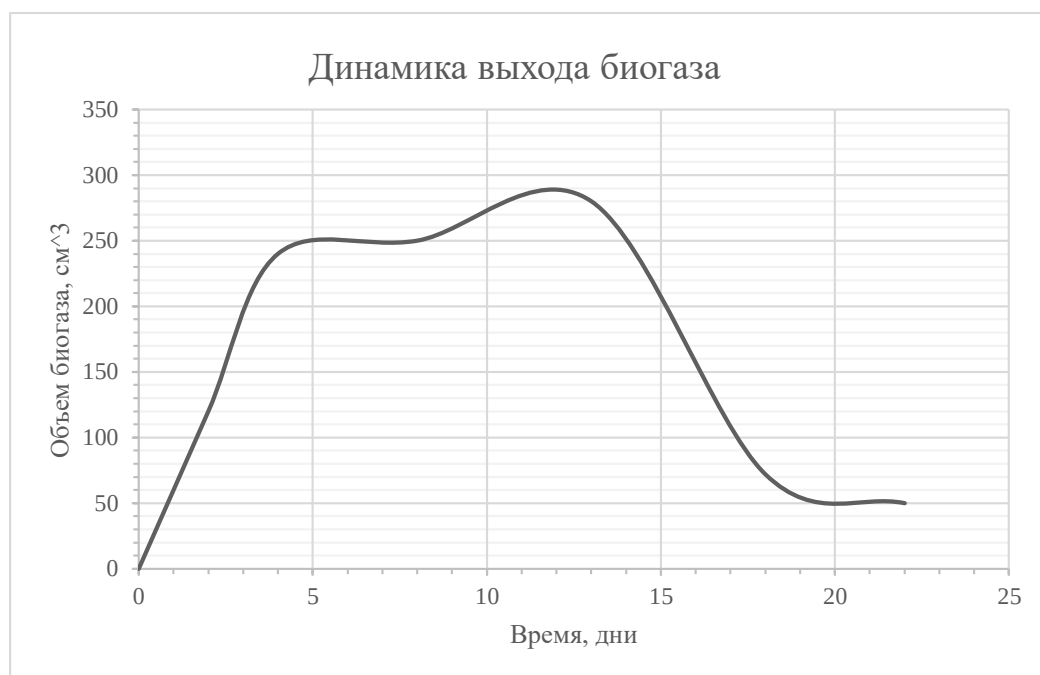


Рис. 2. Динамика выхода биогаза

Выводы. По результатам эксперимента, выявлено, что лаг- фаза занимает от 3 до 5 часов, фаза роста до 4 дней, стационарная фаза 10 дней, фаза отмирания наступает на 15 день от начала загрузки.

Максимальный выход биогаза был зафиксирован в стационарной фазе и составил 770 см³. В течение 20 дней было произведено 1012 см³ биогаза.

Наличие метана было зафиксировано по характерному цвету пламени.

В результате эксперимента было подтверждено, что из органических отходов, таких как кормовая патока и куриный помёт, можно получить биогаз.

Полученную реакционную массу возможно применять в качестве удобрений в сельском хозяйстве. Это позволит снизить применение химических удобрений и уменьшить нагрузку на грунтовые воды.

Использование свекловичной мелассы для интенсификации процесса получения биогаза является перспективным направлением, которое может решить сразу несколько задач: утилизацию отходов, получение энергии и биоудобрения.

Природоподобные технологии, в том числе биотехнологии, могут стать основой для развития техносферы в условиях экологического кризиса. Они позволяют создавать устойчивые и эффективные системы, которые могут обеспечить человека необходимыми ресурсами, не нанося вреда окружающей среде. Однако для их широкого применения необходимо дальнейшее развитие научных исследований и внедрение новых технологий в производство.

Список использованной литературы

1. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндефер. — Москва: Колос, 1982. — 148 с. — Текст: непосредственный.
2. Рециклинг отходов в АПК / И. Г. Голубев, И. А. Шванская, Л. Ю. Коноваленко, М. В. Лопатников. — Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. — 296 с. — Текст: непосредственный.
3. Славянский, А. А. Сахар и основы его производства / А. А. Славянский. — Москва: Издательский комплекс МГУПП, 2005. — 121 с. — Текст: непосредственный.
4. Хорошавин, Л. Б. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов / Л. Б. Хорошавин, В. А. Беляков, Е. А. Свалов. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2016. — 220 с. — Текст: непосредственный.

УДК 628.386

СОВМЕСТНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД И ОТХОДОВ ЭНЕРГЕТИКИ

*Исхакова Регина Яновна, к-т техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г.Казань, e-mail: imreginaiskh@gmail.com*

Аннотация. В статье представлен подход, включающий в себя совместную переработку осадка сточных вод – избыточного активного ила биологических очистных сооружений и шлама водоподготовки тепловых электрических станций в центрифугах, позволяющий повысить водоотдачу

избыточного активного ила и использовать обезвоженный осадок как вторичный материальный ресурс.

Ключевые слова: *осадки сточных вод, избыточный активный ил, отход энергетики, илам водоподготовки, центрифугирование.*

COMBINED PROCESSING OF SEWAGE SLUDGE AND ENERGY WASTE

Iskhakova R.Ya.

Kazan State Energy University, Kazan

Abstract. The article presents an approach that includes combined processing of sewage sludge - excess activated sludge of biological treatment facilities and sludge from water treatment of thermal power plants in centrifuges, which allows increasing the water yield of excess activated sludge and using dewatered sludge as a secondary material resource.

Keywords: sewage sludge, excess activated sludge, energy waste, water treatment sludge, centrifugation.

Введение. Переработка осадков сточных вод и отходов промышленности является одной из ключевых экологических проблем современности. В условиях урбанизации и расширения производственных комплексов на территории Российской Федерации наблюдается увеличение объемов образующихся отходов, которое создает значительные угрозы для экосистем. В настоящее время высокий процент отходов подвергается захоронению, так как отсутствует практика широкомасштабного внедрения подходов, направленных на утилизацию отходов и их использование в качестве вторичных материальных ресурсов.

Значительная часть отходов, которая в настоящее время подвергается захоронению, может поступать на переработку и утилизацию, что позволит многократно сократить нагрузку на полигоны и получить готовый вторичный материальный ресурс, пригодный для дальнейшего вовлечения в производственный цикл. Одним из таких отходов является избыточный активный ил – осадок, образующийся в процессе биологической очистки сточных вод, который отводится на иловые поля для сушки в естественных условиях. При этом в Российской Федерации образуется порядка 100 млн. тонн осадка ежегодно. Складирование избыточного активного ила приводит к изменению газовоздушного фона, распространению неприятных запахов, бактериальному загрязнению почв.

Известно, что для снижения антропогенной нагрузки используются различные способы утилизации отходов, в том числе избыточного активного ила [1]. Например, проводится переработка активного ила для получения адсорбционного материала для сорбции нефти и нефтепродуктов [2], а также для извлечения фосфатов и других загрязняющих вещества, присутствующих в городских сточных водах [3]. Еще одним способом утилизации активного ила является его использование в качестве добавки к органическим минеральным удобрениям [4], в строительстве при изготовлении бетонной смеси [5], а также в процессе анаэробного сбраживания для получения биогаза и использования твердой фазы (кека) как удобрения и рекультиванта [6].

Избыточный активный ил относится к группе гигрофильных органических субстратов, легко загнивающих и по этой причине подлежащих обработке [7]. Органическая часть избыточного активного ила подвержена быстрому загниванию с выделением неприятного запаха, при этом увеличивается количество коллоидных и мелкодисперсных частиц, вследствие чего снижается водоотдача осадков [8].

На объектах теплоэнергетики образуется значительное количество отходов. Шлам водоподготовки ТЭС является продуктом процессов известкования и коагуляции при очистке природной воды в осветлителях. Шлам осветлителей не токсичен, относится к V классу опасности для окружающей природной среды, т. е. степень вредного воздействия шлама на окружающую среду очень низкая. Тем не менее утилизация шлама является приоритетной задачей для ТЭС, так как его накопление происходит в течение длительного периода с учетом значительного расхода природных вод, что приводит к переполнению шламонакопителей.

В работе проведен эксперимент по совместному центрифугированию избыточного активного ила и шлама водоподготовки для повышения влагоотдачи избыточного активного ила. В результате установлено, что при увеличении дозируемого шлама происходит снижение индекса центрифугирования. Наилучшим эффект в лабораторных условиях достигается при центрифугировании избыточного ила при предварительной обработке шламом в количестве $0,6 \text{ г/дм}^3$ в течение 1 мин со скоростью 1000 об/с.

При центрифугировании твердые частицы шлама водоподготовки способствуют разрыву коллоидных систем и повышенному выходу гидратно-связанной влаги. Нарушается агрегативная устойчивость избыточного активного ила, что способствует повышению влагоотдачи.

Помимо этого, частицы активного ила представляют собой амфотерный коллоид и, как и большинство микроорганизмов, имеют отрицательный заряд при значениях $\text{pH}=4\text{--}9$. Введение шлама создает $\text{pH}=8,54$, что соответствует представленному диапазону значений. Хлопья активного ила заряжены отрицательно, так как заряд полимерных веществ и микроорганизмов близок к нейтральному или небольшому отрицательному. При этом адсорбция внеклеточных полимеров на микроорганизмах происходит за счет нейтральных групп и не связана с изменением заряда.

На поверхности шлама присутствуют положительно заряженные катионы Ca^{2+} . Извлечение коллоидно-связанной влаги происходит с высокой эффективностью, так как при обработке шламом водоподготовки, выступающим как коагулянт, происходит нейтрализация заряда и укрупнение частиц и, как следствие, повышение влагоотдающих свойств и снижение удельного сопротивления осадка.

В результате предварительной обработки шламом и дальнейшего центрифугирования изменяется структура осадка избыточного активного ила. При отсутствии предварительной обработки шламом активный ил прочно удерживает влагу и характеризуется низкой влагоотдающей способностью, в то время как при введении шлама из избыточного активного ила извлекается коллоидно-связанная влага. В результате образуется твердая фаза, которая легко отделяется от фугата после центрифугирования (табл. 1).

Таблица 1

Результаты расчета процесса центрифугирования

Параметр	Значение
Массовый расход шлама по сухому веществу, т/сут	2,017
Массовый расход избыточного активного ила по сухому веществу, т/сут	18,150
Массовый расход обезвоженного осадка после центрифугирования, т/сут	13,108
Объемный расход фугата, м ³ /сут	2252,477
Количество центрифуг, шт	3
Время работы центрифуг, ч	19,2

Проведен расчет процесса центрифугирования центрифуги HAUS DDE 5342, предназначенной для обезвоживания различных сред, в том числе осадков сточных вод.

Вывод. Таким образом, в результате центрифугирования получен обезвоженный смешанный материал, который может быть использован как вторичный материальный или энергетический ресурс: как органическое удобрение для улучшения структуры почвы и повышения её плодородия, для восстановления нарушенных земель, особенно после добычи полезных

ископаемых или промышленных загрязнений, в производстве строительных материалов или при термической утилизации. Обеспечение экологической безопасности путем снижения экологической нагрузки на окружающую среду, а также разработки и реализации комплексных подходов обращения с отходами является одной из ключевых целей в сфере устойчивости развития.

Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан».

Список использованной литературы

1. Солодкова А.Б. Разработка технологии изготовления и использования адсорбента на основе отработанного активного ила для очистки сточных во // А.Б. Солодкова, Н.А.Собгайда, И.Г. Шайхиев // Вестник Казанского технологического университета. –2012. –15(20). –С.179–182.
2. Москвичева Е.В. Совершенствование технологии очистки городских сточных вод с использованием сорбента на основе избыточного активного ила // Е.В. Москвичева, А.А. Войтюк, Э.П. Доскина, Д.О. Игнаткина, Ю.Ю. Юрьев, Д.В. Щитов // Инженерный вестник Дона. – 2015. –2(36). – С. 2–28.
3. Jing Li. Utilization of Activated Sludge and Shell Wastes for the Preparation of Ca-Loaded Biochar for Phosphate Removal and Recovery// Jing Li, Lu Cao, Bing Li, Haiming Huang, Wei Yu, Cairui Sun, et al. // Journal of Cleaner Production. –2023. –382(1). – P. 135395.
4. Jinyu Zeng. Phosphate Recovery Using Activated Sludge Cyanophycin: Adsorption Mechanism and Utilization as Nitrogen-Phosphorus Fertilizer// Jinyu Zeng, Duoduo Chen, Jing Zhu, Caicheng Long, Taiping Qing, Bo Feng, et al.// Chemical Engineering Journal. – 2023. – 76(11). P. 146607.
5. Чернова К.С. Изучение влияния автолизатов активного ила метантенков на прочностные характеристики строительных материалов // К.С. Чернова, М.М. Баурина, Н.Б. Градова // Успехи в химии и химической технологии. –2019. –33(5(215)) – С. 47–48.

6. Taira Hidaka. Utilization of High Solid Waste Activated Sludge from Small Facilities by Anaerobic Digestion and Application as Fertilizer// Taira Hidaka, Masato Nalamura, Fumiko Oritate, Fumitake Nishimura// Water Science & Technology. – 2019. –80(12). P. 2320–2327.

7. Jiahua Xia. Enhanced Dewatering of Activated Sludge by Skeleton-Assisted Flocculation Process // Jiahua Xia, Ting Rao, Juan Ji, Bijuan He, Ankang Liu, Yongjun Sun // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. –19(11). P. 6540

УДК 622.882

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ

*Зайнагутдинова Сабина Вадимовна, магистр,
Гармонов Сергей Юрьевич, д-р. хим. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет», г. Казань, e-mail: serggar@mail.ru*

Аннотация. В статье описаны механизмы действия гуматов: ускорение биоразложения нефти, улучшение структуры почвы, нейтрализация токсинов и стимуляция роста растений. Рассматриваются этапы практического применения гуминовых препаратов: оценка загрязнения, подготовка почвы, внесение гуматов и последующий мониторинг.

Ключевые слова: рекультивация, нефтезагрязнение, гуминовые препараты, биоразложение, восстановление почв, экология

RECLAMATION OF OIL-CONTAMINATED SOILS: THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF HUMIC DRUGS

*Zainagutdinova S.V., Garmonov S.Yu.
Kazan National Research Technological University, Kazan*

Annotation. *The article describes the mechanisms of action of humates: acceleration of oil biodegradation, improvement of soil structure, neutralization of toxins and stimulation of plant growth. The stages of practical application of humic preparations are considered: pollution assessment, soil preparation, application of humates and subsequent monitoring.*

Keywords: *reclamation, oil pollution, humic preparations, biodegradation, soil restoration, ecology*

Введение. Рекультивация земель, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами, является одной из актуальных экологических проблем современности. Загрязнения такого типа наносят серьёзный ущерб экосистемам, снижают плодородие почвы и представляют опасность для здоровья человека. Одним из перспективных методов восстановления нефтезагрязнённых территорий являются гуминовые препараты – природные соединения, обладающие способностью ускорять разложение углеводов и улучшать физико-химические свойства почвы [1].

Гуминовые вещества – это группа органических соединений, образующихся в результате длительного разложения растительных остатков. Они обладают высокой биологической активностью и способны стимулировать рост растений, повышать устойчивость почв к неблагоприятным факторам и восстанавливать её структуру. Гуминовые препараты изготавливаются из торфа, сапропеля, бурого угля и других природных источников [2].

Механизм действия гуминовых препаратов:

1. *Ускорение биоразложения нефти:* Гуминовые вещества способствуют росту микроорганизмов, способных разлагать углеводороды. Это происходит благодаря содержанию питательных веществ и микроэлементов, необходимых для жизнедеятельности бактерий.

2. *Повышение влагоёмкости и аэрации почвы:* Применение гуматов улучшает структуру почвы, делая её более рыхлой и способной удерживать

влагу. Это создаёт благоприятные условия для роста растений и развития микробиоты.

3. *Нейтрализация токсичных соединений*: Гуматы связывают тяжёлые металлы и другие вредные вещества, предотвращая их проникновение в растения и грунтовые воды.

4. *Стимуляция роста растений*: Гуминовые кислоты действуют как природные стимуляторы роста, улучшая всхожесть семян, корнеобразование и общую продуктивность сельскохозяйственных культур [3].

Для эффективной рекультивации нефтезагрязнённых почв рекомендуется использовать комплексный подход, включающий следующие этапы:

Оценка степени загрязнения. Определение уровня содержания нефти и нефтепродуктов в почве позволяет выбрать оптимальную стратегию рекультивации.

Подготовка почвы. Удаление верхнего слоя загрязнённой почвы и замена его чистым грунтом. В некоторых случаях возможно использование специальных сорбентов для поглощения остаточной нефти.

Применение гуминовых препаратов. Внесение гуматов в почву путём полива или опрыскивания. Дозировка препарата зависит от степени загрязнения и типа почвы.

Посев растений-фиторемедиантов. Использование растений, способных накапливать и нейтрализовать загрязняющие вещества (например, люцерна, рапс).

Мониторинг состояния почвы. Регулярный контроль показателей плодородия и чистоты почвы позволяет оценить эффективность проводимых мероприятий [4].

Использование гуминовых препаратов имеет ряд преимуществ перед традиционными методами рекультивации:

- Экологическая безопасность. Гуматы являются природными веществами и не оказывают негативного воздействия на окружающую среду.
- Экономическая выгодность. По сравнению с механическими и химическими методами очистки, применение гуминовых препаратов требует меньших затрат.
- Долговременный эффект. Гуматы улучшают качество почвы на длительный срок, повышая её плодородие и устойчивость к внешним воздействиям [5].

Вывод. Рекультивация нефтезагрязнённых почв с помощью гуминовых препаратов представляет собой эффективный и экологически безопасный метод восстановления земельных ресурсов. Этот подход позволяет не только устранить последствия загрязнения, но и улучшить общее состояние почвы, создавая условия для её дальнейшего использования в сельском хозяйстве и лесоводстве [6].

Список использованной литературы

1. Технология очистки нефтезагрязнённых земель [Электронный ресурс]: <https://terra-ecology.ru/stati/tehnologiya-ochistki-neftezagryaznennyx-zemel-bioaugmentaciya/> [Дата обращения: 31.03.2025].
2. Гуминовые вещества — вызов химикам XXI века [Электронный ресурс]: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/430559/Guminovye_veshchestva_vyzov_khimikam_XXI_veka [Дата обращения: 30.03.2025].
3. Влияние гуминовых микроудобрений на рост и продуктивность растений [Электронный ресурс]: <https://school-science.ru/7/1/40170> [Дата обращения: 25.03.2025].
4. Причины и следствия нефтяных разливов [Электронный ресурс]: <https://www.mnlist.ru/blog/2016/oil-ground-remediation> [Дата обращения: 25.03.2025].
5. Пигорев, И. Я. Применение гуминовых препаратов на объектах КМА / И. Я. Пигорев, А. В. Лежнина. — Текст: непосредственный // Инновационные технологии в сельском хозяйстве: материалы I Междунар. науч. конф. (г. Москва, июнь 2015 г.). — Москва: Буки-Веди, 2015. — С. 22-25. — URL: <https://moluch.ru/conf/agr/archive/127/8239/> (дата обращения: 31.03.2025).
6. Рекультивация земель и очистка поверхностей от нефтепродуктов с помощью биопрепаратов [Электронный ресурс]: <https://www.micoriza.ru/product/rekultivaciya-zemel-i-ochistka-poverhnostej-ot-nefteproduktov-s-pomoshchyu-biopreparatov> [Дата обращения: 28.03.2025].

УДК 504.05

ВЛИЯНИЕ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Мухаметшина Румия Мугаллимовна, доц. канд. хим. наук,

Ялалова Динара Ренатовна, студент,

Тухфатуллина Зульфина Ильфатовна, студент

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный
университет», г. Казань, e-mail: rumya211@yandex.ru

Аннотация: *Твердые частицы выхлопных газов оказывают негативное воздействие на атмосферу, что является серьезной проблемой для окружающей среды, поскольку их доля в общем объеме выбросов составляет от 50 до 90 процентов, а количество автомобилей только увеличивается. Данное исследование фокусируется на изучении воздействия твердых частиц на атмосферу и здоровье человека, а также на методах снижения этого воздействия.*

Ключевые слова: *твердые частицы, выхлопные газы, автомобили, загрязнение окружающей среды.*

THE EFFECT OF EXHAUST PARTICULATE MATTER ON THE ENVIRONMENT

Mukhametshina R.M., Yalalova D.R., Tuhfatullina Z.I.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Annotation: *Solid particles of exhaust gases have a negative impact on the atmosphere. Nowadays, this is a serious problem for the environment, since their share in total emissions ranges from 50 to 90 percent, and the number of cars is only increasing. This study focuses on the study of the effects of particulate matter*

on the atmosphere and human health, as well as on methods to reduce these effects.

Keywords: *solid particles, exhaust gases, cars, environmental pollution.*

Введение. Одним из источников загрязнения окружающей среды является автотранспорт, который выбрасывает в атмосферу достаточно широкий спектр химических веществ. Данная тема является актуальной, так как увеличение числа автомобилей приводит к росту негативного воздействия автотранспорта на экологию. В городах широко используются автомобили с дизельными двигателями. Отработанный газ двигателей внутреннего сгорания содержит более 200 вредных веществ, которые пагубно влияют на организм человека. Выхлопные газы автомобилей оказывают долгосрочное воздействие на атмосферу. Уровни загрязнения воздуха пылью, сажей, тяжелыми металлами и другими вредными веществами на автомагистралях во много раз превышают предельно допустимые концентрации [1]. Среди наиболее опасных токсичных веществ нужно отметить тяжелые металлы, такие как свинец, железо, магний, олово, цинк, хром и другие элементы. Таким образом, целью работы является изучение влияния выхлопных газов автотранспорта на окружающую среду.

Транспортные средства активно потребляют кислород, при этом "обогащая" окружающий воздух токсичными компонентами выхлопных газов, которые представляют опасность как для живых организмов, так и для окружающей среды. Загрязнение воздуха вредными веществами вызывает как краткосрочные, так и отдалённые последствия для экосистемы и человеческого здоровья. Автомобильные сажа и пепел, выбрасываемые в окружающую среду с отходящими газами от автотранспорта, содержат не только углерод, но и большое количество металлов, в том числе токсичных (Cr, Zn, Fe, Sr) [2].

Именно выхлопные газы — главная причина образования смога в городах, а также присутствия токсинов и канцерогенов в атмосфере.

Выбросы двигателей внутреннего сгорания представляют смесь отработавших газов и твердых веществ, включающую в себя канцерогены, в то время как безопасным является только водяной пар. Особенно опасны для окружающей среды тяжелые металлы I, II и III группы.

Соединения металлов в выхлопных газах автомобилей могут находиться в результате [3]:

- химического и механического износа двигателя;
- сгорания моторного масла;

В результате комплексных химических и токсикологических исследований опасных тяжелых металлов и металлоидов. Определено, что 230 тысяч человек в Европе умирают от заболеваний, вызванных выхлопными газами. В России ситуация еще более напряженная. В Европе уже существуют безвредные водородные двигатели, выхлопы которых представляют собой пары воды [4]. Результаты свидетельствуют о необходимости принятия мер по уменьшению воздействия выхлопных газов на здоровье человека.

Состав выхлопных газов автомобиля в основном зависит от двигателя, его технического состояния, а также от свойств, используемых топлива и масел, которые применяют в автомобиле (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав выхлопных газов автомобиля [5]

Компонент	Объемная доля в бензиновом двигателе, %	Объемная доля в дизельном двигателе, %
Свинец Pb	30-50	40-50
Железо Fe	0,3-0,5	0,4-0,6
Магний Mg	0,1-0,2	0,3-0,5
Олово Sn	0,6-0,8	0,5-0,9
Цинк Zb	1,3-1,9	2-2,5
Хром Cr	0,5-0,7	0,8-0,9
Диоксид серы SO ₂	0-0,002	0-0,03
Сажа, г/м ³	0-0,04	0,1-1,1
Бензапирен, г/м ³	0,01-0,02	0-0,01

Для сохранения здоровья людей, животных, растений, почвы и других составляющих окружающей среды, необходимо уделять внимание методам по восстановлению тяжелых металлов.

Выхлопные газы оказывают воздействие на:

- уровень кислотности осадков;
- химический состав воды и почвы;
- придорожное пространство;
- дыхательную систему животных и человека;

Выбросы выхлопных газов, находясь в почвах, представляют серьезную проблему для экосистемы из-за передвижения по пищевым цепям. Органические загрязнители биоразлагаемые, но из-за присутствия тяжелых металлов скорость их биоразложения снижается. Что способствует увеличению загрязнения окружающей среды.

Снижение выбросов твёрдых частиц из выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания – важная задача для улучшения качества воздуха и защиты окружающей среды. Существует несколько основных подходов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки:

1. Физическая фильтрация: Сажевые фильтры (Рис. 1.).

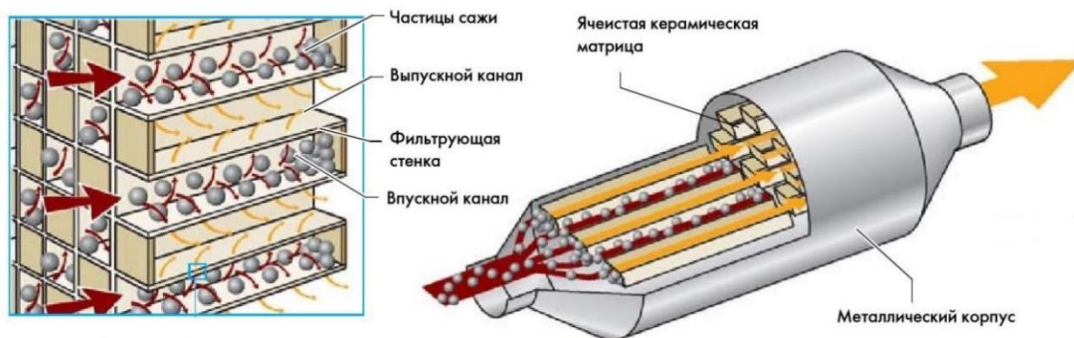


Рис. 1. Схема сажевого фильтра

Принцип работы: Сажевый фильтр представляет собой устройство, устанавливаемое в выхлопной системе. Он состоит из пористого материала (обычно керамического), который улавливает твёрдые частицы, пропуская при этом газы. Частицы задерживаются в фильтре, пока он не заполнится до

определённого уровня. Для предотвращения засорения фильтр необходимо периодически очищать (регенерировать).

Преимущества: Высокая эффективность улавливания твердых частиц (до 99%).

Недостатки: Необходимость регулярной регенерации, может быть чувствителен к качеству топлива и масла, может повышать противодавление в выхлопной системе.

2. Оптимизация процесса сгорания:

Принцип работы: Улучшение конструкции двигателя и системы управления сгоранием для обеспечения более полного и эффективного сгорания топлива. Это позволяет уменьшить образование сажи непосредственно в цилиндре.

Методы:

Улучшение геометрии камеры сгорания: Оптимизация формы камеры сгорания для лучшего перемешивания топлива и воздуха.

Точное дозирование топлива: Использование современных систем впрыска топлива для точного контроля количества и момента впрыска топлива.

Повышение давления впрыска: Увеличение давления впрыска топлива для лучшего распыления и перемешивания с воздухом.

Рециркуляция отработавших газов: Возврат части отработавших газов во впускной коллектор для снижения температуры горения и уменьшения образования NO_x (оксидов азота) и сажи.

Преимущества: Снижение выбросов сажи без использования дополнительных устройств.

Недостатки: Требуется значительных изменений в конструкции двигателя.

3. Использование топлива с низким содержанием серы:

Принцип работы: Сера, содержащаяся в топливе, при сгорании образует оксиды серы (SO_x), которые могут способствовать образованию твердых частиц и ухудшать работу каталитических нейтрализаторов.

Преимущества: Снижение выбросов SO_x и твердых частиц, увеличение срока службы каталитических нейтрализаторов.

Недостатки: Требуется использование более дорогого топлива.

4. Использование присадок к топливу:

Принцип работы: Присадки к топливу – это химические вещества, добавляемые в топливо для улучшения его свойств и снижения выбросов вредных веществ.

Типы присадок:

1. Депрессанты: Снижают температуру замерзания топлива.
2. Цетаноповышающие присадки: Улучшают воспламеняемость топлива.
3. Моющие присадки: Очищают топливную систему.
4. Присадки для снижения дымности: Содержат катализаторы горения, которые улучшают сгорание топлива и снижают образование сажи.

Преимущества: Снижение выбросов сажи, улучшение работы двигателя.

Недостатки: Эффективность присадок может зависеть от типа топлива и условий эксплуатации.

5. Альтернативные топлива:

Сжатый природный газ и сжиженный нефтяной газ: При сгорании выделяют меньше твердых частиц, чем дизельное топливо.

Биодизель: Производится из растительных масел или животных жиров.

Может снижать выбросы сажи, но его влияние зависит от состава и способа производства.

Синтетическое дизельное топливо: Производится из природного газа, угля или биомассы. Обладает низким содержанием серы и ароматических углеводородов, что позволяет снизить выбросы твердых частиц [6].

Выбор оптимального метода снижения выбросов твердых частиц зависит от типа двигателя, условий эксплуатации, экологических требований и экономических факторов. Часто применяется комбинация нескольких методов для достижения наилучших результатов.

Выводы. Главными источниками появления тяжелых металлов в атмосфере являются, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания. Загрязнение атмосферы выбросами отработанных газов в дальнейшем приводит к ухудшению здоровья людей и других живых организмов, а также изменению климата и глобальному потеплению. Необходимо разработать и принять меры, направленные на оптимизацию транспортной системы городов. Кроме того, необходимо акцентировать внимание на производстве экологически чистого автотранспорта, а также на разработку бизнеса проката велосипедов и озеленении городов.

Список использованной литературы

1. Лёвкин Н.Д., Лазеба А.В. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами зоны движения автотранспорта//Известия ТулГУ Науки о земле, 2019. С 53-59.
2. Автомобильные дороги в экологических системах (проблемы взаимодействия) / Д.Н. Кватарадзе [и др.]. М., 2020. 240 с.
3. Чернышев В.В. Экологическая оценка загрязнения атмосферы городов твердыми частицами выхлопных газов автомобилей: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08, ДВФУ, Владивосток. 2019. – 23 с.
4. Зайцева О.Ю. Вред выхлопных газов автомобилей// Успехи современного естествознания. – 2018. – № 8. С 45-45.
5. Котов М.М., Колбасина Н.И. Химический состав выхлопных газов автотранспорта, его влияние на здоровье человека // в сб.: European Scientific Conference. X Международная студенческая научная конференция, 2018.
6. Голохваст, К.С. Твердые частицы выхлопных газов автомобилей: моногр. / К.С. Голохваст, В.В. Чернышев, С.М. Угай. - Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2021. - 104 с.

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Международной научно-практической конференции

**«Наследие В.И. Вернадского
и современные проблемы экологии»**

г. Казань, 23 апреля 2025 г.

Тексты материалов конференции печатаются в авторской редакции

Электронное издание

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1.